



Taux d'adoption de la vaccination du cheptel bovin et petit ruminant dans la zone sylvopastorale du Ferlo de Matam au nord du Sénégal.

Saboury NDIAYE¹, Abdoulaye DIENG², Aliou DIAGNE³.

*1*École Doctorale ED2DS, Université de Thiès, BP : A29, Thiès, Sénégal.*

2 École Nationale Supérieure d'Agriculture, Université de Thiès, BP : A29, Thiès, Sénégal.

3 Université Gaston Berger, BP : 234, Saint Louis, Sénégal.

**Auteur correspondant : E-mail : ndiayesaboury@yahoo.fr , Tel : +221 77 906 75 35.*

Mots clés : Sénégal, adoption, vaccination, Effet Moyen du Traitement, cheptel bovin et petit ruminant.

Keywords : Senegal, adoption, vaccination, Average Treatment Effect, cattle bovin and small ruminant

1 RÉSUMÉ

Cette étude vise à évaluer le taux actuel et potentiel d'adoption de la vaccination du cheptel bovin et petit ruminant et identifier les déterminants de l'adoption dans la zone sylvopastorale du Ferlo de la Région de Matam au nord du Sénégal. Le projet de développement agricole de Matam (PRODAM) a financé la vaccination par la mise en place de 10 parcs à vaccination, 8 pharmacies vétérinaires villageoises et d'un programme de formation et sensibilisation sur la santé animale. Les données proviennent d'une enquête sur un échantillon aléatoire de 339 ménages et 32 villages. La méthode de l'Effet Moyen du Traitement (ATE) (Diagne et Demont, 2007) est utilisée pour estimer les taux d'adoption et leurs déterminants. Les résultats révèlent que le taux commun d'exposition et d'adoption (taux actuel) est de 54%. Le taux d'adoption potentiel de la population est de 58% si toute la population avait été exposée à la vaccination. De plus, le taux d'adoption potentiel dans la sous population qui n'a pas été sensibilisée sur la vaccination de 53% montre qu'il existe une importante demande non satisfaite de la vaccination. En outre, l'âge du chef de ménage, l'alphabétisation, l'accès aux boutiques, la possession d'un téléphone portable et le type d'habitat sont des déterminants significatifs et positifs de l'adoption de la vaccination du cheptel bovin et petit ruminant. Ces résultats montrent que l'appui à l'accès aux infrastructures de santé animale et la sensibilisation des éleveurs est un moyen pour augmenter l'adoption de la vaccination.

ABSTRACT

This study aims to evaluate the actual and potential adoption rate of bovine and small ruminant cattle vaccination and also to identify the determinants of adoption in the sylvopastorale zone of Ferlo in the Matam region, northern Senegal. The agricultural development project of Matam (PRODAM) financed the vaccination by implementing 10 vaccination parks, 8 village veterinary pharmacies, training and sensitization program on livestock health. Data come from a survey of a random sample of 339 households and 32 villages. The Average Treatment Effect (ATE) method (Diagne et Demont, 2007) is used to estimate adoption rates and their determinants. The results reveal that the joint exposure and adoption rate (actual adoption) is 54%. The potential adoption rate of the population is 58% if the full population is exposed to vaccination. Furthermore, the potential adoption rate in the sub-population that was not exposed to



vaccination is 53% which shows that there is a large unmet demand for cattle vaccination. In addition, the age of the household head, literacy, access to shops, possession of mobile phone and type of house are significant and positive determinants of the adoption of cattle vaccination. These results show that support for access to livestock health infrastructure and awareness is a means to increase vaccination adoption.

2 INTRODUCTION

Au Sénégal, l'élevage constitue un moyen d'existence durable des ménages avec plus de 350 000 ménages qui dépendent des activités d'élevage (ANSD, 2013). Avec un effectif de plus de 15 millions de ruminants, dont 3.5 millions de bovins, 6.5 millions d'ovins et 5.5 millions de caprins, les ruminants constituent la base de l'élevage sénégalais (MEPA, 2017). L'élevage constitue une source d'alimentation, de revenus, d'emplois, de capitale face aux risques tels que la sécheresse, etc. Il participe à 35.5% du PIB du secteur primaire et à 4% au PIB national (ANSD, 2016). L'exploitation du cheptel ruminant reste néanmoins fortement dominée par le système d'élevage extensif pastoral et agro-pastoral qui concentre 96% du cheptel et fournit plus de 60% de la production de viande et de lait. Dans la zone pastorale sénégalaise comme la plupart des zones pastorales des pays d'Afrique et d'Asie, le cheptel bovin et petit ruminant souffre de plusieurs maladies comme la peste bovine, les dermatoses, la péripneumonie contagieuse, le botulisme, la pasteurellose, (Abakar *et al.*, 2014 ; Racloz *et al.*, 2013 ; Gumi *et al.*, 2012 ; MEPA, 2017). Malgré la forte prévalence de ces maladies, les communautés pastorales sont faiblement dotées en infrastructures et services de santé animale. En effet, avec la privatisation des services vétérinaires intervenue suite aux plans d'ajustements structurels imposés par la banque mondiale, les services publics de santé animale ont été fortement réduits. Ainsi, l'État du Sénégal encourage les vétérinaires privés à assurer les prestations de services vétérinaires en leur délivrant des mandats sanitaires. Cependant, le coût élevé de la logistique et du contrôle des maladies dans les zones pastorales enclavées reste un obstacle majeur à l'efficacité de la délivrance des services de santé animale (Zinsstag *et al.*, 2016). Pour combler ce gap, l'État sénégalais met

en œuvre un programme annuel de vaccination et de surveillance épidémiologique contre les maladies telles que la Péripneumonie Contagieuse Bovine (PPCB), la Dermatose Nodulaire Contagieuse Bovine (DNCB), la Peste des Petits Ruminants (PPR), Maladie de Newcastle et la Peste équine, la grippe aviaire, la fièvre de la vallée du Rift, la dermatose nodulaire contagieuse bovine, la fièvre aphteuse, la peste porcine africaine et la rage. Les vaccins sont fournis par des firmes étrangères (70%) et par des grossistes importateurs locaux (30%) (MEPA, 2017). De plus, des projets d'appui à l'élevage avec un important volet sur la santé animale sont mis en œuvre. C'est le cas du PRODAM (Projet de Développement Agricole de Matam). Cependant, force est de constater que malgré les succès enregistrés dans l'éradication de certaines maladies comme la peste bovine, d'autres maladies comme la Péripneumonie Contagieuse Bovine (PPCB), la Dermatose Nodulaire Contagieuse Bovine (DNCB), la Peste des Petits Ruminants (PPR) sont considérées comme prioritaires par l'État du Sénégal (MEPA, 2017) persistent encore. C'est le cas de la Péripneumonie Contagieuse Bovine (PPCB), la Dermatose Nodulaire Contagieuse Bovine (DNCB), la Peste des Petits Ruminants (PPR). Pour ces maladies, le taux de couverture vaccinale au Sénégal reste encore en deçà de la norme 80% fixée par l'Organisation Mondiale de la Santé Animale. En effet, le taux de couverture vaccinale est de 44.5% pour la PCB, 50.6% pour la DNCB et 20.6% pour la PPR (MEPA, 2017). Plusieurs contraintes expliquent cette contreperformance : insuffisance des parcs à vaccination, déficit de ressources financières, retard dans la mise en place des vaccins, forte mobilité de l'élevage pastoral, enclavement des zones pastorales. En dehors de ces contraintes, le faible niveau



d'adoption de la vaccination par les éleveurs reste un obstacle majeur au Sénégal, en particulier et dans les zones pastorales d'Afrique Subsaharienne et d'Asie en Général (Gauri et Khaleghian, 2002 ; Suresh *et al.* 2007 ; MEPA, 2017). Cependant, il existe un manque de connaissance sur les taux d'adoption actuels et potentiel ainsi que les déterminants de l'adoption. En effet, la plupart des études réalisées dans ce domaine sont descriptives, qualitatives ou

utilisent les méthodes classiques Tobit ou Probit. Pour contribuer à combler ce gap de connaissance, cette étude, utilise l'Effet Moyen du Traitement, plus connu sous le nom *Average Treatment Effect* (ATE) pour estimer de façon consistante et rigoureuse les taux d'adoption et des déterminants de la vaccination à partir des données d'enquêtes menées dans la zone sylvo pastorale du Ferlo de la région de Matam.

3 MATÉRIELS ET MÉTHODES

3.1 Zone d'étude : L'étude a été menée dans la zone sylvo pastorale du Ferlo de la région de Matam (Carte 1). Cette zone est la plus grande parmi les trois zones agroécologiques que compte la région de Matam. Elle couvre 2/3 du territoire régional mais ne compte que moins de 10% de la population (Fall, 2006). Elle est subdivisée en trois (03) sous zones : Ferlo nord, Ferlo sud et Ferlo est. La zone présente un relief relativement plat avec des sols latéritiques dans la majeure partie de son espace, et sableux dans sa partie occidentale (Fall, 2006). Le climat est marqué par deux saisons : une saison sèche qui va de novembre à juin et une saison pluvieuse qui va de juin à octobre. La pluviométrie moyenne annuelle est d'environ 300-450mm (Sarr, 2012). Les températures maximales peuvent atteindre 40 à 50°C. Le couvert végétal est essentiellement constitué d'épineux (*balanites aegyptiaca*, *acacia*

senegalensis, *zysiphys mauritiana*) et d'un important tapis herbacé dominé par des graminées annuelles variées. Le réseau hydrographique comprend des ressources en eau de surface (mares) et en eau souterraine (puits et forage) captées à une profondeur entre 100-300m. Plus de 80% du territoire du Ferlo de Matam se trouve dans le domaine classé, soit dans la réserve sylvo pastorale, soit dans la réserve de faune. L'élevage extensif constitue l'activité économique dominante et représente 80% du revenu des ménages (PAM, 2013). Les cultures céréalières (mil, sorgho et maïs) et l'exploitation des produits de cueillettes (gomme arabique, jujube, paille, pin de singe, feuilles, pailles et bois de chauffe) viennent en seconde position. Les céréales et le lait constituent l'alimentation de base des ménages.



Carte 1 : Carte localisation de la zone d'étude, **Source :** Centre de Suivi Écologique, 2018.

a. **Description de l'intervention du PRODAM dans la zone sylvopastorale :** Le conflit frontalier ayant opposé le Sénégal et la Mauritanie en 1989 a entraîné un afflux d'environ 7000 agriculteurs et éleveurs, 100 000 bovins et 200 000 ovins, qui se trouvaient sur la rive droite du fleuve Sénégal (partie mauritanienne). Cette situation a contribué à une surexploitation des pâturages et à une prolifération des maladies animales. Pour venir en aide aux populations démunies, le Gouvernement du Sénégal a sollicité l'appui du Fonds International de Développement Agricole (FIDA) et de la Banque Ouest Africaine de Développement (BOAD). C'est dans ce cadre que le projet de développement agricole de Matam (PRODAM) a été financé sur deux phases entre 1993-2000 et 2004-2011. Dans son volet appuie au développement de l'élevage pastoral, le PRODAM est intervenu dans la zone sylvopastorale pour améliorer la productivité de l'élevage et la gestion des ressources naturelles. La

santé animale occupe une place très importante dans la stratégie d'intervention du PRODAM. Les actions menées dans ce sens ont porté sur la réalisation de 10 parcs à vaccination, 8 pharmacies vétérinaires villageoises, 5 postes vétérinaires et la formation. De plus, le PRODAM a mis en œuvre un important programme de renforcement des capacités à travers : (i) la formation des formateurs au profit des agents techniques d'élevage et auxiliaires sur des thèmes liés à la communication, l'animation, au métier de conseiller et aux thèmes sur les techniques de production ; (ii) la formation en gestion des membres du bureau des groupements d'éleveurs et les auxiliaires d'élevage et (iii) la vulgarisation axée sur la santé animale, la gestion du troupeau. Par ailleurs, le PRODAM a aménagé 12 Unités Pastorales (UP) couvrant une superficie de 900000ha et disposant chacune, un forage pastoral et un réseau d'adduction d'eau (château d'eau, réservoir au sol, borne fontaine, abreuvoir),

un magasin aliments bétail, un pare-feu, un centre d'alphabétisation.

b. Échantillonnage, collecte et analyse des données : La méthode d'échantillonnage avec un sondage aléatoire à deux degrés a été utilisée pour sélectionner les villages et les ménages. Dans le premier degré, deux échantillons ont été sélectionnés à des fins de comparaison pour aider à construire le contrefactuel. Le premier échantillon, dénommé « Village UP », comprend les villages membres des UP réalisées par le PRODAM. Ainsi, 16 « villages UP » ont été sélectionnés de façon aléatoire. Dans le second échantillonnage, 16 villages, dénommés « Villages Non UP », c'est-à-dire le groupe de comparaison, comprend les villages qui sont en dehors des UP à une distance de plus de 200km, et qui sont non affectés par les activités des « Villages UP ». Au total 32 villages ont été sélectionnés. Pour réduire les biais de sélection, les « villages Non UP » ont été sélectionnés de manière à ce qu'ils soient similaires « villages UP » en termes de caractéristiques d'activités économiques (à dominance élevage pastoral), d'appartenance à même zone agroécologiques (Ferlo de Matam), mais ils doivent être en dehors de l'influence des activités des UP. Le second degré de sondage porte sur la sélection aléatoire des ménages dans chaque « village UP » et « village non UP ». Un échantillon de 11 ménages a été sélectionné dans chaque village, soit un total de 352 ménages. Cependant, l'enquête proprement dite a porté sur 339 ménages. Les données ont été collectées en utilisant deux questionnaires. Un questionnaire niveau village et ménage. Le questionnaire village a été administré à l'aide des discussions par focus group pour collecter des données sur les infrastructures communautaires, les organisations de base, etc. Le questionnaire ménage a été administré au chef de ménage. Les enquêtes de terrain ont été effectuées par des animateurs villageois disposant de plus de 10 ans d'expérience en matière d'enquêtes en milieu rural. Ils ont bénéficié d'une formation de trois jours afin de familiariser avec les questionnaires et d'être sensibilisés sur le respect des questions d'indépendance, d'éthique et de rigueur, etc. Les

données collectées incluent en particulier les caractéristiques socio-économiques et sociodémographiques des villages et des ménages. En plus, les données comprennent des informations sur l'exposition et l'adoption de la vaccination. L'exposition à la vaccination est mesurée par une variable binaire (1=Oui ; 0=Non) en demandant à l'éleveur s'il informé ou sensibilisé sur la vaccination. L'adoption correspond à la décision de l'éleveur de vacciner ou non son cheptel et est mesurée par une variable binaire (1=Oui, si l'éleveur a vacciné son cheptel ; 0=Non, s'il n'a pas vacciné son cheptel).

c. Cadre théorique de l'estimation des taux d'adoption de la vaccination du cheptel bovin et petit ruminant.

- i. Biais d'exposition et de sélection : Dans la littérature, la plupart des études réalisées sur l'adoption de la vaccination du cheptel utilisent les méthodes classiques Tobit ou Probit pour estimer les taux d'adoption et les déterminants de l'adoption (Arunava *et al.*, 1997 Suresh *et al.*, 2007 ; Legesse *et al.*, 2013 ; Thomas *et al.*, 2016). Cependant, ces méthodes donnent une estimation biaisée des vrais taux d'adoption car elles supposent que la connaissance de la vaccination est universelle dans la population. Or, dans la réalité la diffusion d'une technologie est rarement complète et par conséquent toute la population n'est pas entièrement exposée à la technologie. Ce qui fait dire à Diagne et Demont (2007) que lorsqu'une technologie est nouvelle et que la population n'a pas été totalement exposée à elle, le taux d'adoption observé est une estimation biaisée du vrai taux d'adoption potentiel de la population à cause de l'existence d'un biais de non exposition. Ce biais résulte du fait que la population qui n'a pas été exposée à la technologie ne peut pas l'adopter même si elle allait le faire si elle en avait été exposée. Le biais de non exposition entraîne souvent une sous-estimation du d'adoption potentiel dans la population. De plus, Diagne et Demont (2007),

- soulignent que le taux d'adoption parmi la sous population qui a été exposée à la technologie n'est pas aussi une estimation robuste du taux d'adoption réel de la population. En effet, ce taux d'adoption souffre d'un biais de sélection positive qui est dû au fait que le choix de la population bénéficiaire n'est pas aléatoire. En générale, la population ciblée pour tester ou diffuser une nouvelle technologie est celle qui est la plus disponible ou la plus engagée à l'accepter (Diagne et Demont, 2007). Dans le même sens, Parienté (2008) note qu'en général, les populations qui participent à un test ou à une diffusion d'une nouvelle technologie sont celles qui sont les plus motivées ou les plus informées sur la technologie. Fort de ces constats, on s'attend à ce que les personnes qui ont été les premiers à être exposées à la nouvelle technologie soient celles qui sont les plus susceptibles de l'adopter, ce qui peut entraîner une surestimation du taux d'adoption.
- ii. Modèle ATE d'estimation des taux d'adoption et des déterminants : Pour contrôler de façon appropriée les biais de non exposition et de sélection positive et estimer de façon robuste les vrais taux d'adoption et les déterminants, Diagne et Demont (2007), ont développé le modèle d'estimation de l'effet moyen du traitement, plus connue sous le nom de *Average Treatment Effect* (ATE) dans la littérature. Ce modèle ATE a été utilisé avec succès dans la littérature pour estimer les taux d'adoption des technologies agricoles en Afrique (Adegbola *et al.*, 2005 ; Adekambi *et al.*, 2009 ; Dontsop Nguezet *et al.* 2010 ; Dibba *et al.*, 2012 ; Ojehomon *et al.*, 2012 ; Basse, 2015 ; Diouf, 2017 ; Dibba *et al.*, 2015 ; ; Ouédraogo *et al.*, 2017 ; Issoufou *et al.*, 2017). Le cadre conceptuel du modèle d'estimation de l'ATE repose sur le modèle causal de Rubin (1974) qui est adapté en général à l'analyse de la

situation dans laquelle un traitement peut être administré ou non à un individu. Dans le contexte de l'adoption, un traitement correspond à l'exposition à la technologie (Diagne et Demont, 2007). L'exposition se définit comme étant la connaissance de la technologie, rendu possible par l'information et la sensibilisation de la population. Dans le cadre de notre étude, l'exposition signifie la connaissance de la vaccination du cheptel bovin et petit ruminant. L'adoption se définit comme la décision de l'éleveur de vacciner son cheptel bovin et petit ruminant sur les maladies prioritaires.

Soit T_i une variable binaire déterminant le statut de l'exposition à la vaccination. $T_i = 1$ signifie que l'éleveur a été exposé à la vaccination (et par conséquent il connaît la vaccination) et $T_i = 0$ signifie qu'il n'a pas été exposé. L'exposition est supposée avoir un effet sur l'adoption de la vaccination qui constitue une variable de résultat. Le modèle causal de Rubin (1974) considère que pour une variable de résultat donnée, il y a deux variables de résultats potentiels, correspondant à ce que serait la situation d'un individu sous chacune des alternatives, c'est à dire si l'individu bénéficie du traitement $Y_i = 1$ et s'il n'en bénéficie pas $Y_i = 0$ (Diagne et Demont, 2007). Ces deux résultats ne sont jamais observés en même temps pour le même individu. Car il est impossible d'être à la fois exposé et non exposé en même temps. De ce fait, pour un individu ayant été traité, Y_1 est observé tandis que Y_0 est inconnu et inversement. La valeur qui correspond au résultat qui aurait été réalisé si l'individu n'avait pas été traité est appelée "contrefactuel" dans la littérature économétrique de l'étude d'impact (Rubin 1974).

Soit Y_1 , le résultat de l'adoption potentiel de la vaccination par l'éleveur si celui-ci est exposé et, Y_0 ce résultat s'il n'en a pas été exposé. Le résultat de l'adoption observé Y peut s'écrire comme une



fonction des deux résultats d'adoption potentiels y_1 et y_0 et du statut d'exposition T comme suit :

$$y = Ty_1 + (1 - T)y_0 \dots\dots(1)$$

Dans le cas de notre étude où le résultat de l'adoption est une variable binaire prenant la valeur 1 si l'éleveur adopte la vaccination ou 0 sinon, alors la valeur attendue correspondant au résultat moyen de l'adoption de la vaccination se résume à la probabilité correspondant à la mesure du taux d'adoption (proportion des adoptants dans la population). Les différents effets de traitement s'écrivent donc comme suit :

ATE : Effet Moyen du Traitement sur la population et représente le taux d'adoption potentiel pour toute la population :

$$ATE = E(Ty_1) = P(y_1 = 1) \dots\dots\dots(2)$$

ATE1 : Effet Moyen du Traitement sur la sous population traitée, c'est-à-dire le taux d'adoption parmi les exposés (ceux qui ont été sensibilisés sur la vaccination) :

$$ATE1 = E(y_1|T = 1) = P(y_1 = 1|T = 1) \dots\dots\dots(3)$$

ATE0 : Effet Moyen du Traitement sur la sous population non traitée, c'est à dire le taux d'adoption potentiel parmi les non exposés (ceux qui n'ont pas été sensibilisés sur la vaccination) :

$$ATE0 = E(y_1|T = 0) = P(y_1 = 1|T = 0) \dots\dots(4)$$

Si $y_0 = 0$, l'expression du résultat observé de l'adoption comme fonction du résultat potentiel de l'adoption et du statut de l'exposition se réduit à : $y = Ty_1$. Cette expression montre que la variable de résultat observé de l'adoption est une combinaison de celle de l'exposition et du résultat potentiel de l'adoption, d'où l'appellation : Taux commun d'exposition et d'adoption de la population, plus connu sous nom de Joint Exposure and Adoption :

$$(JEA). E(y) = E(Ty_1) \dots\dots(5)$$

La différence de moyenne entre le JEA et ATE est appelé gap d'adoption (GAP) qui informe sur la demande de la technologie. Le GAP qui est donné par l'équation

$$GAP = E(Y) - E(y_1) \dots\dots(6)$$

La différence de moyenne entre ATE et ATE1 est appelée biais de sélection positive, appelé (PSB), donné par l'équation :

$$PSB = E(y_1|T = 1) - E(y_1) \dots\dots(7)$$

1. Hypothèse d'estimation de l'ATE :

Pour estimer de manière rigoureuse le taux d'adoption potentiel des règles de gestion, cette étude repose sur la validité de l'hypothèse d'indépendance conditionnelle de Rosenbaum et Rubin (1983). L'hypothèse d'indépendance conditionnelle identifie un ensemble de variables X_i (ex : âge, sexe, taille ménage, éducation, taille cheptel, main d'œuvre), qui influencent la décision individuelle d'adopter une technologie donnée et un vecteur de covariables Z_i (ex : connaissance de l'existence) qui influencent l'exposition à la technologie. L'indépendance conditionnelle est définie par :

$$Y_0, Y_1 \perp\!\!\!\perp D_i | X_i \dots\dots\dots(8)$$

Où $\perp\!\!\!\perp$ dénote l'indépendance. Cela signifie qu'une fois que les différences observables entre les éleveurs exposés et non exposés à la vaccination sont contrôlées, le résultat des éleveurs non exposés aurait la même distribution par rapport à celui des éleveurs exposés s'ils n'avaient pas été exposés (Rosenbaum et Rubin, 1983). Si cette hypothèse est vérifiée, le résultat de l'adoption dans la sous-population des exposés peut être utilisé pour déterminer la situation contrefactuelle de la sous-population non exposée et vice versa. En plus de l'hypothèse d'indépendance conditionnelle, les hypothèses suivantes sont requises pour l'identification de l'ATE (Diagne et Demont, 2007) :

L'adoption potentielle est indépendante de Z_i et conditionnelle sur X_i :

$$P(y_1 = 1|X, Z) = P(y_1 = 1|X) \dots\dots\dots(9)$$

L'exposition est indépendante de X_i et conditionnelle sur Z_i :

$$P(T_1 = 1|X, Z) = P(T_1 = 1|Z) \dots\dots(10)$$

Le chevauchement pour toutes les valeurs des covariables entre les groupes exposés et non exposés :

$$0 < Pr(D = 1|Z) > 1 \dots\dots\dots(11)$$

2. Estimation ATE par la méthode semi-paramétrique :

L'estimation de l'ATE par la méthode semi-paramétrique est faite avec la



pondération inverse sur le score de propension, plus connu sous le nom de Inverse Propensity Score Weight (IPSW) dans la littérature. Il s'agit d'une méthode d'estimation en deux étapes où la première étape permet d'estimer les valeurs prédites du score de propension à l'exposition $P(T = 1|z) \equiv P(z)$ à l'aide d'un modèle probit et la deuxième étape permet d'estimer ATE, ATE1, ATE0 (Diagne et Demont, 2007) :

$$\hat{ATE} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{y_i}{\hat{p}(z_i)} \dots \dots \dots (15)$$

$$\hat{ATE1} = \frac{1}{n_e} \sum_{i=1}^{n_e} y_i \dots \dots \dots (16)$$

$$\hat{ATE0} = \frac{1}{n - n_e} \sum_{i=1}^n \frac{(1 - \hat{p}(z_i))}{\hat{p}(z_i)} y_i \dots \dots \dots (17)$$

Où $\hat{p}(z_i)$ est une estimation consistante du score de propension évaluée à z , c'est à dire la probabilité pour un individu d'être exposé conditionnellement à un ensemble de ses caractéristiques z et $n_e = \sum_{i=1}^n T_i$ est la population totale des éleveurs exposés à la vaccination.

3. Méthode d'estimation paramétrique de l'ATE : L'estimation paramétrique utilise les observations sur la sous-population traitée pour estimer le taux d'adoption de la population à l'aide d'un modèle paramétrique, qui peut être spécifié comme suit (Diagne et Demont, 2007) :

$$ATE(x) = E(y|x, d = 1) = (g, \beta) \dots \dots (18)$$

où d est le statut d'exposition, g une fonction non linéaire avec les covariables x et β un paramètre inconnu qui peut être estimé par les Moindres Carrés Ordinaires en utilisant les données (y_i, x_i) à partir de la sous population des exposés uniquement avec x le vecteur des variables explicatives et y comme variable dépendante. Lorsque les paramètres d'intérêt β sont estimés, les valeurs prédites sont calculées pour toutes les unités d'observations x de

l'échantillon (y compris les observations dans la sous population des non exposés). ATE est calculé en prenant la moyenne sur l'ensemble de l'échantillon des résultats prédits $g(x_i, \beta) i = 1, \dots, n$ des sous populations respectifs pour ATE1 et ATE0 :

$$\hat{ATE} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n g(x_i, \hat{\beta}) \dots \dots \dots (19)$$

$$\hat{ATE1} = \frac{1}{n_1} \sum_{i=1}^{n_1} d_i g(x_i, \hat{\beta}) \dots \dots \dots (20)$$

$$\hat{ATE0} = \frac{1}{n - n_1} \sum_{i=1}^n (1 - d_i) g(x_i, \hat{\beta}) \dots \dots \dots (21)$$

Où n est la taille totale de l'échantillon et n_1 est le nombre d'éleveurs exposés.

4. Spécification du modèle d'exposition et d'adoption de la vaccination : L'adoption est définie comme la décision de choisir une innovation donnée comme étant la meilleure alternative (Rogers 1983), de l'appliquer et de continuer de l'utiliser (Van den Ban *et al.*, 1988). Le choix de variables explicatives du modèle est basé sur notre connaissance de la zone et des résultats des études antérieures (Legesse *et al.*, 2013 ; Suresh *et al.*, 2007 ; Thomas *et al.* 2016 ; Arunava *et al.*, 1997 ; Nell *et al.*, 2002). Les variables telles que le sexe du chef de ménage, l'ethnie, le statut matrimonial, la possession d'une radio ne sont pas intégrées dans les modèles à cause du fait qu'elles ne présentent pas de variations entre les éleveurs suite à l'analyse descriptive des données. Les variables explicables intégrées dans les modèles et qui peuvent influencer la décision de l'éleveur d'adopter ou de ne pas adopter la vaccination sont : l'âge, la taille du ménage, l'alphabétisation, l'habitat, le téléphone portable, boutique, marché, superficie, taille cheptel. L'âge peut influencer positivement ou négativement l'adoption de la vaccination. Les personnes plus âgées ont plus d'expérience dans l'élevage, ce qui peut influencer négativement l'adoption des technologies. Contrairement, les jeunes sont plus ouverts aux nouvelles technologies, ce qui peut influencer positivement l'adoption. Par conséquent, l'effet de l'âge sur l'adoption de la vaccination peut être positif ou



négatif. La taille du ménage peut servir d'indicateur proxy sur la disponibilité de la main d'œuvre mais aussi la demande en consommation en produits alimentaires du ménage. Dans la plupart des ménages pastoraux sénégalais, le lait est une source de protéine. Dans ce sens, la taille du ménage peut affecter positivement l'adoption de la vaccination dans l'optique d'améliorer la production laitière. Dans un autre sens, plus la taille du ménage est grande, plus le ménage a la possibilité de diversifier ses sources de revenus et par conséquent, est moins exposés aux risques, ce qui peut affecter négativement, la décision d'adopter la vaccination. Ainsi, l'effet de la taille du ménage sur l'adoption de la vaccination peut être négatif ou positif. L'alphabétisation permet d'augmenter l'habileté d'une personne à acquérir, analyser et utiliser une information, une technologie. Par conséquent, l'alphabétisation peut augmenter les chances d'adopter la vaccination. Ainsi, il est attendu un signe positif de l'alphabétisation sur l'adoption de la vaccination. La variable téléphone portable est un indicateur proxy de l'accès à l'information avec lequel il est attendu une influence positive sur l'adoption de la vaccination. Car on ne peut pas adopter ce que l'on ne connaît pas. L'habitat est utilisé comme indicateur proxy de la

sédentarisation. En effet, l'éleveur sédentaire a plus de chance d'être sensibilisé et de participer à la campagne de vaccination. Par conséquent, il est attendu de cette variable, qu'elle influence positivement l'adoption de la vaccination. La boutique est un indicateur proxy du contact avec les autres éleveurs et partenaires. En effet, dans la zone sylvopastorale, les rares boutiques existantes sont implantées à côté des forages pastoraux, parcs à vaccination. Ces derniers constituent le point de rencontre des éleveurs pour l'abreuvement et la vaccination ainsi que les lieux de réunions. Par conséquent, il est attendu qu'un éleveur qui a accès aux boutiques aura plus de chance de participer aux réunions et par conséquent, d'être sensibilisé sur la vaccination et ainsi de l'adopter. Le marché peut influencer positivement l'adoption de la vaccination à travers l'accès aux produits vétérinaires. La taille du cheptel sert également d'indicateur proxy de la richesse chez les éleveurs. Par conséquent, il est attendu, une influence positive de la taille du cheptel sur l'adoption de la vaccination. La taille des parcelles sert également d'indicateur proxy de la richesse. Par conséquent, il est attendu, une influence positive de l'adoption de la vaccination.

4 RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

a. **Analyse descriptive :** Caractéristiques socio-économiques des éleveurs : Le tableau 1 présente les caractéristiques socio-économiques et démographiques des ménages selon le statut d'adoption. Le test statistique de significativité des différences de moyennes sont faits avec le logiciel STATA SE 14. L'âge moyen des chefs de ménages est de 45ans. Les adoptants sont plus âgés que les non adoptants avec une différence significative au seuil de 0.1%. Dans la zone, le chef de ménage est généralement de sexe masculin, appartient à l'ethnie peulh et est marié. Les ménages comptent en moyenne 16 personnes et 40% ont un habitat en béton contre 44% qui habitent dans des cases en paille. Les bâtiments en béton sont plus rencontrés chez les adoptants avec une différence significative de 0.1%. Dans la zone, la quasi-totalité des chefs de ménages

possèdent une radio. Par contre, seuls 55% disposent de téléphone portable. Les adoptants sont plus équipés en téléphone portable comparées aux non adoptants avec une différence significative au seuil de 1%. En moyenne, chaque ménage dispose d'un effectif de 150 bovins et petits ruminants. La taille du cheptel est plus importante chez les non adoptants par rapport aux adoptants, mais la différence n'est pas significative. Dans la zone, chaque ménage possède en moyenne un effectif de 35 bovins, 65 ovins et 36 caprins. La superficie moyenne cultivée par ménage est de 3.29ha et est plus importante chez les adoptants comparés aux non adoptants avec une différence significative au seuil de 5%. Les céréales sont les principales spéculations cultivées avec une dominance de la culture du mil. La distance moyenne d'accès à un



parc à vaccination est de 55km dans la zone pour l'ensemble de la population. Chez les adoptants, la distance moyenne se situe à 33km contre 88km pour les non adoptants avec une différence

significative au seuil de 0.1%. Ces mêmes résultats sont valables pour l'accès aux pharmacies vétérinaires.

Tableau 1 : Caractéristiques socio-économiques éleveurs selon le statut d'adoptants

Caractéristiques	Adoptants	Non adoptants	Total	Différence de test
Nombre observations	163	176	339	
Age (Ans)	47 (1.01)	43 (1.04)	45 (0.73)	5****
Taille ménage (Nbre)	17 (0.52)	16 (0.49)	16 (0.36)	1.38*
Sexe chef ménage				
Homme (%)	94 (1.72)	95 (1.72)	94 (1.21)	0.5
Femme (%)	5.58 (1.72)	5 (1.72)	5.3 (1.2)	0.5
Ethnie				
Peulh (%)	94 (1.7)	95 (1.6)	94 (1.18)	-1.2
Statut matrimonial				
Éducation				
Alphabétisation (%)	51 (3.7)	21 (3.2)	37 (2.6)	30****
Habitat				
Case en paille (%)	31 (3.4)	58 (3.9)	44 (2.7)	-26****
Bâtiment en béton (%)	48 (3.7)	30 (3.6)	40 (2.6)	17****
Autres (%)	23 (3.5)	42 (3.9)	55 (2.7)	24****
Information				
Radio (%)	91 (2.13)	86 (2.7)	88 (1.7)	-4
Élevage/Agriculture				
Taille cheptel (Nbre)	140 (11)	160 (17)	150 (8)	-19
Superficie (ha)	3.77 (0.34)	2.76 (0.17)	3.29 (0.2)	1.01**
Accès parc à vaccination				
Distance (km)	33 (3.7)	80 (3.9)	55 (2.9)	46****

Note : ***, ** et * niveau de significativité à 1%, 5% et 10%. Le nombre entre parenthèse représente l'écart type.

b. **Niveau de diffusion et d'adoption de la vaccination du cheptel :** Les résultats du tableau 2 révèlent que parmi les 339 éleveurs de l'échantillon, 317 ont été exposés à la vaccination et 179 l'ont adopté. Dans la population totale, la proportion d'éleveurs exposée à la vaccination est estimée à 93.51%. Alors que la proportion d'éleveurs qui a adopté la vaccination se chiffre à 52.80%. Le taux d'adoption de la vaccination parmi les éleveurs exposés à la vaccination est de 56.46%. Cependant, comme discuté plus haut, en

raison de la diffusion incomplète de la vaccination dans la population totale, les estimations des taux d'adoption par le simple comptage souffrent de deux biais (non exposition et biais, sélection positive) qui peuvent sous-estimer ou surestimer les vrais taux d'adoption. Pour résoudre ces biais, nous allons utiliser le modèle d'estimation de l'Effet Moyen du Traitement (ATE) développé par Diagne et Demont (2007) pour estimer les vrais taux d'adoption.

Tableau 2 : Résultat observé de la diffusion et adoption de la vaccination

Règles de gestion	Coefficients
Nombre d'observation	339
Nombre exposé à la vaccination	317
Nombre adoptant la vaccination	179
Proportion exposée à la vaccination dans la population totale (%)	93.51
Proportion adoptant la vaccination dans la population totale (%)	52.80
Proportion adoptant la vaccination dans la sous population exposée (%)	56.46

c. Résultats du modèle ATE d'estimation

i. Déterminants de l'exposition à la vaccination du cheptel : Le modèle ATE semi-paramétrique (IPSW) et les effets marginaux ont été utilisés pour estimer les coefficients des déterminants de l'exposition de la vaccination. Les résultats du tableau 3 montrent que les valeurs du log likelihood estimées à -71.01 et du LR chi2 (9) de 20.86 sont tous significatives au seuil de 5% et montrent que le modèle est globalement bien spécifié. Les variables qui influencent positivement et significativement l'exposition à la vaccination sont : l'alphabétisation et l'accès à une boutique avec au moins un seuil de 5%. De plus, les effets marginaux montrent que la probabilité pour qu'un éleveur soit exposé à la vaccination augmente de 4% avec l'alphabétisation et de 5% avec l'accès à une boutique. L'influence positive de

l'alphabétisation sur l'exposition à la vaccination n'est pas surprenante. Car dans la zone, l'alphabétisation a joué un rôle important dans la sensibilisation sur la vaccination car tous les manuels de vulgarisation sur la santé animale ont été traduits en langue peulh et diffusés auprès des éleveurs par les auxiliaires d'élevage et les alphabétiseurs. L'effet positif de l'accès aux boutiques sur l'exposition à la vaccination n'est pas aussi surprenant, compte tenu du fait que les réunions d'information et de sensibilisation se tiennent généralement à côté des forages où sont implantées les boutiques. Par contre, l'âge influence négativement l'exposition à la vaccination. Ce résultat n'est pas surprenant et montre que les jeunes sont plus informés sur la vaccination que les vieux, car ayant plus accès aux nouvelles technologies de l'information et de la communication.

Tableau 3 : Déterminants exposition à la vaccination du cheptel

Variabes	Coefficients	Effets marginaux
Age	-0.018 (0.008) **	0.001 **
Taille	0.016 (0.021)	0.001
Alphabétisation	0.50 (0.30) *	0.04 *
Habitat	0.37 (0.25)	0.03
Marché	0.12 (0.25)	0.011
Boutique	0.50 (0.25) **	0.05 *
Téléphone	-0.25 (0.21)	-0.02
Superficie	0.03 (0.53)	0.003
Cheptel	0.001 (0.001)	0.0001
Constante	1.27 (0.53) **	
Nbr observation	339	
LR chi2 (9)	20.86	
Prob > chi2	0.0133	
Pseudo R2	0.12	
Log likelihood	-71.01	

Note : * p<0.1; ** p<0.05; *** p<0.01 et **** p<0.001. Valeur entre parenthèse représente l'écart type.



ii. **Déterminants de l'adoption de la vaccination** : Le modèle ATE paramétrique a été utilisé pour estimer les déterminants de l'adoption de la vaccination. Le tableau 4 présente les coefficients estimés de la régression probit des déterminants de l'adoption de la vaccination. Les résultats du modèle ATE Probit, qui est restreint à la sous population des éleveurs exposés aux règles sont comparés avec l'estimation du modèle probit classique conjoint d'exposition et d'adoption. Les valeurs du log pseudo-likelihood et du Wald Chi² sont significativement différentes de zéro pour l'ensemble des deux modèles. Ceci montre que les modèles sont globalement bien spécifiés et que les régresseurs peuvent expliquer l'adoption. Un certain nombre de variables déterminantes de l'adoption de la vaccination sont significatives pour les deux modèles. Ces variables comprennent : l'âge du chef de ménage (impact positif et statistiquement significatif au moins au seuil de 5%), l'alphabetisation du chef de ménage (impact positif et statistiquement significatif au moins au seuil de 5%), habité dans un bâtiment en béton « habitat » (impact positif et statistiquement significatif au moins au seuil de 5%), habité dans un village disposant d'une boutique ou accès à une boutique du village voisin « boutique » (impact positif et statistiquement significatif au moins au seuil de 0.1%). Cependant, deux variables ont des coefficients uniquement significatifs pour le modèle ATE Probit d'adoption. Il s'agit des variables : possession d'un téléphone portable « portable » (impact significatif et positif au seuil de 10%) et accès aux marchés « marché » (impact

significatif et négatif au seuil de 10%). L'impact positif et significatif de l'âge sur l'adoption de la vaccination montre que ce sont les vieux qui sont plus favorables à la vaccination du cheptel. Ce résultat n'était pas attendu, on supposait que ce sont les jeunes qui sont plus ouverts aux innovations que les vieux. L'impact positif et significatif de l'alphabetisation sur l'adoption montre ce sont les personnes qui savent lire et écrire dans leur langue qui sont plus aptes à adopter la vaccination. Ce résultat n'est pas surprenant car tous les manuels de vulgarisation sur la santé animale ont été traduits en langue locale et diffusés dans la zone. L'impact positif et significatif de l'habitat voudrait dire que la sédentarisation influence significativement l'adoption de la vaccination. La taille du ménage n'influence pas l'adoption de la vaccination. Un résultat similaire a été trouvé par Suresh *et al.* (2007). L'accès aux infrastructures (boutiques) influence positivement l'adoption de la vaccination. De même que l'accès aux technologies de l'information et de la communication (téléphone). Cependant, la taille du cheptel et la taille des parcelles n'ont pas d'influence sur l'adoption. Une explication à ce résultat pourrait être le fait que les éleveurs qui ont le grand nombre de cheptel habitent dans la zone témoin qui est distante en moyennes de 88 km des parcs de vaccination. Un résultat similaire a été trouvé par Suresh *et al.* (2007) et Arunava *et al.* (1997). Cependant, Legesse *et al.* (2012) et Thomas *et al.* (2016) ont montré que la taille du cheptel influence positivement et significativement l'adoption de la vaccination.

Tableau 4 : Déterminants de l'adoption de la vaccination du cheptel bovin et petit ruminant.

Variables	ATE Probit	ATE Probit Classic
	Coefficients	Coefficients
Age	0.015 (0.006) **	0.010 (0.005) *
Taille	0.008 (0.012)	0.010 (0.012)
Alphabétisation	0.47 (0.18) **	0.54 (0.18) **
Habitat	0.31 (0.15) *	0.31 (0.15) **
Marché	-0.34 (0.17) *	-0.25 (0.16)
Boutique	0.63 (0.17) ***	0.64 (0.16) ****
Téléphone	0.30 (0.17) *	0.23 (0.16)
Superficie	0.008 (0.02)	0.015 (0.023)
Cheptel	0.0002 (0.0004)	-0.000 (0.0004)
Nbr observation	317	339
Wald chi2 (9)	56.73	60.60
Prob > chi2	0.0000	0.0000
Pseudo R2	0.15	0.14
Log pseudo likelihood	-184.11	-200.90

Note : * p<0.1; ** p<0.05; *** p<0.01 et **** p<0.001.

iii Taux d'adoption actuels et potentiels de la vaccination

Le tableau 5 présente les résultats des taux d'adoption de la vaccination avec le modèle ATE corrigé des biais de non exposition et de sélection. Le modèle ATE semi paramétrique (IPSW) et ATE paramétrique ont été utilisés pour donner une estimation rigoureuse des taux d'adoption de la vaccination. Le taux d'adoption dans la population totale de l'échantillon qui renseigne sur la demande de la technologie par la population cible est estimé à 56.20% par le modèle ATE semi paramétrique et à 58% par le modèle ATE Probit. Relativement au modèle ATE Probit, ceci signifie que le taux d'adoption de la vaccination peut atteindre 58% au lieu du taux d'adoption actuel 54.92%, si toute la population avait été sensibilisée sur la vaccination. De plus, il est

important de noter que le taux d'adoption potentiel de 58.73% au niveau de la sous population exposée (ATE1) est le même que le taux d'adoption potentiel dans la population totale (ATE). Ceci montre que le biais de sélection positive n'est pas significatif. La non significativité du biais de sélection positive montre que tous les éleveurs ont la même probabilité d'adopter la vaccination. En outre, le taux d'adoption potentiel dans la sous population (ATE0) non exposée à la vaccination est estimé à 53% les deux modèles. Ceci montre que 53% de ces éleveurs auraient adopté la vaccination s'ils avaient été sensibilisés. Ce résultat montre qu'il existe une demande non satisfaite importante de la vaccination dans la zone sylvopastorale du Ferlo de Matam.



Tableau 3 : Taux d'adoption actuels et potentiels de la vaccination du cheptel bovin et petit ruminant.

Paramètres estimés	ATE	ATE Probit
	Semi paramétrique	
ATE : Taux d'adoption dans la population totale.	56.20% (29.55%) *	58.42% (2.46%) ****
ATE1 : Taux d'adoption dans la sous population exposée	56.46% (31.24%) *	58.73% (2.45%) ****
ATE0 : Taux d'adoption dans la sous populations non exposée.	52.43% (10.61%) ****	53.94% (3.67%) ****
JEA : Taux commun d'exposition et d'adoption.	52.80% (29.21%) *	54.92% (2.29%) ****
GAP : Gap d'adoption	-3.40% (0.06%) ****	-3.50% (0.2%) ****
PSB : Bais de sélection positive	0.2% (1.8%)	0.3% (0.1%)

Note : * $p < 0.1$; ** $p < 0.05$; *** $p < 0.01$ et **** $p < 0.001$. Valeur entre parenthèse écart type.

5 CONCLUSION

Cette étude montre la nécessité de contrôler les biais d'exposition et de sélection positive pour estimer les vrais taux d'exposition et d'adoption d'une technologie et leurs déterminants. Le taux d'exposition de 93% de la vaccination montre que le succès de la diffusion de la vaccination est le résultat d'une synergie d'efforts de plusieurs parties prenantes comprenant les organisations d'éleveurs, les auxiliaires d'éleveurs, le projet PRODAM et les services techniques de l'État. Les résultats montrent que le taux d'adoption de la vaccination pouvait atteindre 58% au lieu du taux actuel d'adoption de 54% si toute la population avait été sensibilisée. De plus, le taux d'adoption de 53% dans la sous population non

exposée à la vaccination montre qu'il existe une demande non satisfaite de la vaccination dans la zone du Ferlo de Matam. Cela montre que l'appui à l'accès aux infrastructures de santé animale et l'information et la sensibilité constitue un moyen pour faciliter l'adoption de la vaccination. Enfin, l'étude a montré que l'adoption de la vaccination par les éleveurs est influencée par un certain nombre de déterminants tels que l'âge, l'alphabétisation, le type d'habitat, et la possession d'un téléphone portable, l'accès aux boutiques. Ceci nous renseigne que les acteurs au développement doivent prendre en compte ces facteurs pour garantir les chances de succès de l'adoption de la vaccination.

6 BIBLIOGRAPHIE

- Abakar MF, Ngandolo BN, Schelling E, Hattendorf J, Alfaroukh IO. et Zinsstag J : 2014. Seroprevalence of Rift Valley fever, Q fever, and brucellosis in ruminants on the southeastern shore of Lake Chad. *Vector-borne Zoon. Dis.* 14 (10) :757-62
- Adégbola P. Arouna A. Diagne A. et Adékambi SA : 2005. Déterminants socio-économiques et taux d'adoption et d'intensité d'adoption des nouvelles variétés de riz NERICA au Centre du Bénin. *Miméo, INRAB* 12(1) :1-16.
- Adekambi AS, Diagne A, Simtowe FP. et Biaou G : 2009. The impact of agricultural technology adoption on poverty : The case of NERICA rice varieties in Benin. Paper prepared for presentation at the International Association of Agricultural Economists' 2009 Conference, 16–22 August, Beijing, China.
- Agence Nationale des Statistiques et de la Démographie : 2013. Recensement Général de la Population, l'Habitat et l'Élevage.
- Arunava B, Harris TR, Kvasnicka WG et Veserat M : 1997. Factors Influencing Rates of Adoption of Trichomoniasis Vaccine by Nevada Range Cattle Producers. *Journal of Agricultural and Resource Economics* 22(1) :174-190.



- Basse BW : 2015. Impact de l'adoption des variétés améliorées de riz Sahel sur la pauvreté au Sénégal : approche de l'effet marginal du traitement « thèse de doctorat non publiée ». (Université Gaston Berger de Saint Louis, Sénégal).
- Centre de Suivi Écologique : 2005. Rapport Suivi Environnemental, Matam, Sénégal.
- Diagne, A. Demont, M. (2007). Taking a New look at Empirical Models of Adoption : Average Treatment Effect estimation of Adoption rate and its Determinants. *Agricultural Economics*, 37.
- Dibba L, Diagne A. Fialor SC. et Nimoh F : 2012. Diffusion and adoption of new rice varieties for Africa (NERICA) in the Gambia. *African Crop Science Journal* 20(1) :141-156
- Dibba L, Zeller M, Diagne A. et Nielsen T : 2015. How accessibility to seeds affects the potential adoption of an improved rice variety : The Case of New Rice for Africa (NERICA) in The Gambia. *Journal of International Agriculture* 54(1) : 33-58
- Diouf NS : 2017. Impact de l'adoption des variétés améliorées sur l'autonomisation, la productivité et le revenu des ménages dans la région de Fatick « thèse de doctorat non publiée ». (Université Gaston Berger de Saint Louis, Sénégal).
- Dontsop NPM, Diagne A. et Okoruwa VO : 2010. Estimation of actual and potential adoption rates and determinants of improved rice variety among rice farmers in Nigeria : The case of NERICA. AAAE Third Conference/AEASA 48th Conference, 19–23 September, Cape Town, South Africa [African Association of Agricultural Economists (AAAE) & Agricultural Economics Association of South Africa (AEASA)].
- Gauri V. et Khaleghian P. 2002. Immunisation in Developing Countries: Its Organisational and Political Determinants. *World Development* 30(12).
- Gumi B, Schelling E, Berg S, Firdessa R, Erenso G, Mekonnen W, Hailu E, Melese E, Hussein J, Aseffa A. et Zinsstag J : 2012. Zoonotic transmission of tuberculosis between pastoralists and their livestock in south-east Ethiopia. *Ecohealth*, 9 (2) :139-49.
- Issoufou OH, Boubacar S, Adam, T. et Yamba B : 2017. Déterminants de l'adoption et impact des variétés améliorées sur la productivité du mil au Niger. *African Crop Science Journal* 25(2) :207-220.
- Legesse G, Siegmund-Schultze M, Abebe G. et Zarate VA : 2013 Déterminants of the adoption of small ruminant related technologies in the highlands of Ethiopia. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 16(1) :13-23
- Ministère de l'Élevage et des Productions Animales (MEPA) : 2017. Revue du Secteur de l'élevage.
- Ministère de l'Élevage et des Productions Animales (MEPA) : 2017. Rapport Direction Service Vétérinaire. Auteur.
- Ojehomon VET, Adewumi MO, Omotesho OA, Ayinde K. et Diagne A : 2012. Adoption and economics of new rice for Africa (NERICA) among rice farmers in Ekiti State, Nigeria. *Journal of American Science* 8(2) : 423-429.
- Ouédraogo M. et Dakoué D : 2017. Évaluation de l'adoption des variétés de riz NERICA dans l'Ouest du Burkina Faso. *African Journal of Agricultural and Resource Economics* 12(1) :1-16.
- Parienté, W. (2008). Analyse d'impact : l'apport des évaluations aléatoires. *Stateco* 103 : 5-17.
- Programme Alimentaire Mondial (PAM). (2013). Analyse économique des moyens d'existence des ménages dans la zone sylvopastorale du Ferlo.
- Racloz V, Schelling E, Chitnis, N, Roth F. et Zinsstag J : 2013. Persistence of brucellosis in pastoral systems. In *Brucellosis : recent developments towards One Health* (G.E. Plumb, S.C. Olsen & G. Pappas, eds). *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz* 32 (1) :61-70.



- Rathod P, Hiremath S, Manjunathachar HV, Balaraj BL. et Bangar Y : 2014. Adoption status of livestock innovations and factors affecting their adoption in Bidar district of Karnataka. *Indian J. Field Vets* 9 (4) :62-65.
- Rogers EM : 1983. *Diffusion of innovations*. Third edition. The Free Press, London. 236 pp.
- Rosenbaum PR et Rubin DR : 1983. The Central Role of the Propensity Score in Observational Studies for Causal Effects. *Bometrika*, 70(1) :41-55.
- Rubin DB : 1974. Estimating causal effects of treatments in randomized and non randomized studies. *Journal of Educational Psychology* 66 (5) : 688-701.
- Sarr B : 2012. Present and future climate change in the semi-arid region of West Africa: a crucial input for practical adaptation in agriculture, *Royal Meteorological Society* 13(2) :108-112.
- Suresh A, Gupta DC, Solanki MR. et MannReducing JS : 2007. The Risk in Livestock Production : Factors Influencing the Adoption of Vaccination Against Bovine Diseases. *Ind. Jn. of Agri.Econ* 62(3) :484-491.
- Zinsstag J, Abakar MF, Ibrahim M, Tschopp R, Crump L, Bonfoh B. et Schelling E : 2016. Cost-effective control strategies for animal and zoonotic diseases in pastoralist populations. *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz* 35 (2) :673-681.