

## **Estimation des taux d'adoption et des déterminants de l'adoption des règles de gestion durable des ressources naturelles et de l'environnement dans la zone sahélienne au nord du Sénégal**

**Ndiaye Saboury\*<sup>1</sup>, Basse Blaise Waly<sup>2</sup>, Camara Boubacar<sup>2</sup>**

<sup>(1)</sup>Université Assane Seck de Ziguinchor. Département Agro-foresterie. BP 523 Ziguinchor (Sénégal). E-mail : s.ndiaye@univ-zig.sn

<sup>(2)</sup>Université Assane Seck de Ziguinchor. Département Science économique. BP 523 Ziguinchor (Sénégal)

**Reçu le 22 août 2022, accepté le 25 octobre 2022, publié en ligne le 29 octobre 2022**

---

### **RESUME**

**Description du sujet.** La résilience des populations au changement climatique est reconnue comme le défi majeur à relever en Afrique subsaharienne. Dans la zone sylvo-pastorale du Sénégal, les communautés locales avec l'appui des projets de développement ont défini des règles de gestion durable des ressources naturelles.

**Objectif.** L'objectif de cette étude est d'évaluer l'impact de la sensibilisation sur la décision des ménages pastoraux d'adopter ou non les règles de gestion durable des ressources naturelles et de déterminer les facteurs qui influencent leurs décisions.

**Méthodes.** Une enquête sur 339 ménages a été réalisée. La méthode d'évaluation de l'effet de traitement moyen du traitement a été utilisée pour estimer les taux d'adoption des règles de gestion ainsi que les facteurs associés à l'adoption.

**Résultats.** Les résultats révèlent que seulement 53 % des éleveurs ont été sensibilisés sur les règles de gestion des ressources naturelles et de l'environnement. Le taux d'adoption actuelle est de 53 % pour les règles de protection des ressources naturelles et de l'environnement et de 51 % les règles d'accès et d'utilisation durables des ressources naturelles. Les taux d'adoption potentielle sont estimés à 83 % et 85 % pour chaque catégorie de règles, soit des gaps d'adoption de 32 % et 34 % respectivement, dus à une diffusion incomplète des règles. Les facteurs qui influencent l'adoption des règles sont le sexe, la taille du ménage, l'alphabétisation et les technologies de l'information.

**Conclusion.** La sensibilisation a un impact positif et significatif sur l'adoption des règles de gestion et devrait être mise à l'échelle dans les zones semi-arides vulnérables au changement climatique.

**Mots-clés :** Adoption, gestion durable, ressources naturelles, élevage, Sénégal.

### **ABSTRACT**

**Estimation of adoption rates and determinants of the adoption of sustainable natural resource and environmental management rules in the Sahelian zone in northern Senegal**

**Description of the subject.** The resilience of populations to climate change is recognized as the major challenge in sub-Saharan Africa. In the sylvo-pastoral zone of Senegal, local communities, with the support of development projects, have defined rules for sustainable management of natural resources.

**Objective.** The objective of this study is to assess the impact of awareness on the decision of pastoral households to adopt or not the rules of sustainable natural resource management and to determine the factors that influence their decisions.

**Methods.** A survey of 339 households was conducted. The mean treatment effect method was used to estimate rates of adoption of management rules and factors associated with adoption.

**Results.** The results reveal that only 53% of the herders have been made aware of the natural resource and environmental management rules. The current adoption rate is 53 % for natural resource and environmental protection rules and 51 % for sustainable natural resource access and use rules. Potential adoption rates are estimated at 83 % and 85 % for each category of rules, with adoption gaps of 32% and 34 % respectively, due to incomplete dissemination of the rules. Factors that influence rule adoption are gender, household size, literacy, and information technology.

**Conclusion.** Awareness raising has a positive and significant impact on the adoption of management rules and should be scaled up in semi-arid areas vulnerable to climate change.

**Keywords:** Adoption, sustainable management, natural Resource, livestock, Senegal.

## 1. INTRODUCTION

Au Sénégal, l'élevage pastoral est principalement pratiqué dans la zone sylvopastorale, communément appelée Ferlo. Cette zone occupe plus de 40 % des terres du territoire national et se trouve à cheval entre plusieurs régions administratives dont celle de Matam. L'élevage pastoral et agro-pastoral concentrent plus de 90 % du cheptel national bovin et petit ruminant, estimé à 15 millions de tête (MEPA, 2017; Wane, 2017). L'élevage occupe une place importante dans l'économie nationale. Il participe à 35,5 % au PIB du secteur primaire et à 7,5 % au PIB national (Banque Mondiale, 2012). De plus, près de 350 000 ménages ruraux dépendent des activités d'élevage (ANSD, 2013).

En 2015, la production de viande et de lait a atteint respectivement 214 300 T et 226 millions litres dont 95 % et 59 % proviennent de l'élevage pastoral (MEPA, 2017). Cependant, cette production ne permet pas de couvrir les besoins nationaux, obligeant l'Etat a importé environ 12 000 T de viande, 377 744 moutons sur pied pour la fête de tabaski et a dépensé près de 50 milliards FCFA pour l'importation de produits laitiers (DAPSA, 2016). Selon le MEPA (2017), le déficit de production est en partie lié à la faible productivité de l'élevage pastoral causée principalement par la dégradation des ressources naturelles. En effet, l'élevage pastoral est caractérisé par sa vulnérabilité à cause de sa forte dépendance sur des ressources naturelles (pâturages et eaux) variables, imprévisibles et incertaines.

De plus, dans cette zone, la dégradation des ressources naturelles s'est accentuée avec les changements climatiques, l'accroissement de la population avec une hausse de 20 à 30 % de la population entre 2000 et 2012, l'avancée du front agricole avec une modification de 4,6 % des terres de pâturages en terres agricoles entre 1990 et 2008 (Sarr, 2012; ANSD, 2013 ; Wane, 2017). Face à cette situation, la gestion durable des ressources naturelles et le développement de l'élevage pastoral demeurent une préoccupation majeure de l'Etat du Sénégal. Cela s'est traduit dans sa politique de décentralisation par le transfert de plusieurs domaines de compétences aux collectivités locales dont l'environnement et la gestion des ressources naturelles. En plus, l'Etat a mis en œuvre plusieurs projets d'appui à l'élevage pastoral et la gestion des ressources naturelles dans la zone sylvopastorale. Parmi eux, le Projet de Développement Agricole de Matam (PRODAM) est intervenu entre 1993-2000 et 2004-2012 dans la zone du ferlo de Matam. L'une des composantes de ce projet

porte sur la gestion durable des ressources naturelles et le développement de l'élevage pastoral dans la zone sylvopastorale, communément appelé « Ferlo ». Dans ce cadre, le projet a introduit l'approche « Unité Pastorale (UP) » comme instrument de gestion des ressources naturelles et du cheptel. Selon Fall (2006), l'Unité Pastorale se définit comme un groupement d'éleveurs résidant dans les villages, exploitant le même forage, unis par une solidarité résultant du voisinage, exploitant les mêmes ressources naturelles et surtout ayant opté pour s'unir librement.

L'essence d'une UP est son plan de gestion des ressources naturelles qui comprend un ensemble de règles de gestion définies d'un commun accord par les éleveurs eux-mêmes. L'approche UP tire sa substance sur la théorie des biens communs dont les partisans soutiennent que la gestion communautaire des ressources naturelles est la seule alternative viable après l'échec de la gestion centralisée par l'Etat ou la gestion privée (Ostrom, 1990). Les partisans de la gestion communautaire des ressources naturelles défendent l'idée selon laquelle les communautés locales ont la capacité à s'organiser, à se coordonner et établir des règles d'accès et d'utilisation des ressources naturelles. Dans la littérature, plusieurs études de cas ont été réalisées pour démontrer l'efficacité de la gestion communautaire des ressources naturelles (Wade, 1988; Ostrom, 1990; Baland & Platteau, 1996; Place *et al*, 2004 ; Ostrom, 2011).

Cependant, ces études sont pour la plupart descriptives et qualitatives et peu centrées sur les ressources pastorales. L'appréciation des taux réels et des gaps d'adoption des bonnes pratiques de gestion durable des ressources naturelles demeure très subjective et approximative. Ce qui ne permet pas d'éclairer les décisions des autorités et des partenaires techniques financiers sur les besoins en renforcement de capacités sur les règles de gestion durable des ressources naturelles ainsi que les facteurs favorisant leur adoption. Pour combler ce déficit d'information, il était question pour cette étude d'utiliser le cadre de résultat contrefactuel de l'Effet Moyen du Traitement développé par Diagne et Demont (2007) pour estimer les taux d'adoption actuelle et potentielle des règles de gestion durable des ressources naturelles ainsi que les facteurs qui influencent leur adoption par les agro-pasteurs. L'objectif de cette étude est d'évaluer l'impact de la sensibilisation sur la décision des ménages pastoraux d'adopter ou non les règles de gestion durable

des ressources naturelles et de déterminer les facteurs qui influencent leurs décisions.

Cette recherche permet aux acteurs de développement d'avoir des évidences probantes sur le niveau d'adoption réelle des règles de gestion des ressources naturelles par les communautés. Les résultats de cette étude permettront aussi à ces acteurs d'identifier les leviers à fort impact à actionner les pistes de solutions pour améliorer la gestion durable des ressources naturelles et de l'environnement dans ce contexte de décentralisation et de changement climatique, afin de contribuer au renforcement de la résilience des populations locales et des écosystèmes.

## 2. MATERIEL ET METHODES

### 2.1. Zone d'étude

La présente étude s'est déroulée dans la zone agroécologique sylvopastorale, communément appelée « Ferlo » de la région de Matam au nord du Sénégal (Figure 1). C'est la plus vaste zone de la Région de Matam située au nord du Sénégal, couvrant 2/3 du territoire régional. La zone est faiblement peuplée par une population moins de 100 000 habitants avec une densité de moins de 10 habitants au km<sup>2</sup>, où vivent les communautés pastorales peulhs (Fall, 2006 ; ANSD, 2013).

Le Ferlo de Matam est reparti entre huit communes et trois départements. Plus de 80 % du territoire du Ferlo de Matam se trouve dans le domaine classé, soit dans la réserve sylvopastorale, soit dans la réserve de faune, seulement 20 % se trouvent dans les zones de terroirs. Le relief est relativement plat avec des sols latéritiques dans la majeure partie de son espace, et sableux dans sa partie occidentale. Le Ferlo de Matam appartient à la sous-zone sahélienne typique, dont les précipitations sont comprises entre 300 et 450 mm par an (Sarr, 2012). Le climat y est marqué par deux saisons : une saison sèche qui va de novembre à juin et une saison pluvieuse qui va de juillet à octobre. Ces variations conditionnent en grande partie la saison chaude, avec également de fortes variations selon les années. Les vagues de chaleur, tout comme les vagues de froid en contre-saison sont fréquentes.

Le couvert végétal est essentiellement constitué d'épineux (*Balanites aegyptiaca* (L.), *Acacia senegalensis* (L.), *Zysiphys mauritiana* (Lam.) et d'un important tapis herbacé dominé par des graminées annuelles riches et variées. Le réseau hydrographique comprend des ressources en eau de surface (mares) et en eau souterraine (forages et puits) situées entre 200-300 m de profondeur. En 2015, la zone comptait 42 forages

pastoraux, d'une profondeur moyenne de 301 m avec un débit moyen de 60 m<sup>3</sup>/heure. La disponibilité des ressources en eau conditionne la mobilité du cheptel en hivernage et en saison sèche. Les ressources hydriques et fourragères attirent de nombreux transhumants venant des diverses régions du Pays et des pays frontaliers (Mauritanie), notamment en saison des pluies. Cette cohabitation circonstancielle se fait sur la base du principe de réciprocité, et l'accès aux ressources ne peut donc pas être refusé par les autochtones. L'élevage extensif marqué par la transhumance, constitue l'activité économique dominante et représente 80 % du revenu des ménages. Le cheptel bovin et petit ruminant de région de Matam est évalué à 1 013 327 têtes en 2017 (MEPA, 2017). La transhumance se fait sur deux saisons : (i) en saison hivernale, les troupeaux viennent brouter l'herbe fraîche des parcours naturels du Ferlo et s'abreuver au niveau des mares et marigots bien remplis ; (ii) en saison sèche, le troupeau se déplace vers le centre et le sud-est du pays à la recherche des résidus de récoltes et d'eaux des forages. Dans la zone, l'agriculture vivrière sous pluie est pratiquée sur de petites superficies de 0,5 à 2 ha. Les principales cultures sont le mil, le sorgho et le maïs. L'exploitation des produits forestiers (gomme arabique, jujube, pain de singe et bois de chauffe) constitue aussi une source de revenus des ménages de la zone.



Figure 1. Carte de la zone d'étude

## 2.2. Contexte de diffusion des règles de gestion durable des ressources naturelles

Le conflit frontalier qui a opposé le Sénégal et la Mauritanie en 1989 a entraîné un afflux massif de populations sénégalaises (plus de 7000 agriculteurs et éleveurs) qui vivaient habituellement sur la rive droite du fleuve Sénégal. Ces ménages ont été dépossédés de leurs biens (pertes de terre de culture, habitats, matériels et équipements, etc.) et rapatriés sur la rive gauche du fleuve Sénégal. Dans la zone du Ferlo, ce rapatriement des ménages pastoraux a été accompagné par l'arrivée massive de troupeaux estimé entre 100 000 à 200 000 bovins. Cette situation a provoqué une surexploitation et une dégradation avancée des pâturages autour des rares forages pastoraux existant dans la zone d'accueil, et par conséquent, une accentuation de pauvreté et de l'insécurité alimentaire des communautés pastorales.

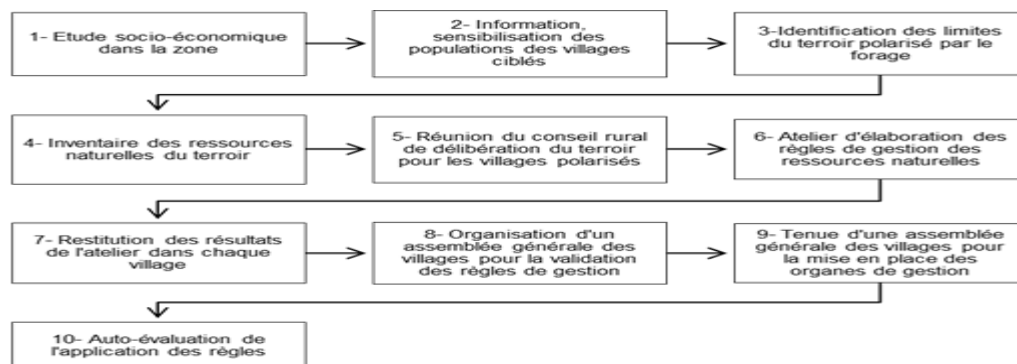
Cette situation s'est aggravée par les effets du changement climatique (faible pluviométrie et sécheresse), qui ont occasionné une forte variabilité et l'imprévisibilité de l'état des ressources naturelles (eau et pâturage naturel) dont dépend le système d'élevage. Cela a justifié l'avènement de projets d'appui au développement de l'élevage pastoral qui intègrent la dimension d'adaptation au changement climatique à travers la gestion durable des ressources naturelles dans un contexte de décentralisation et de désengagement de l'État. Parmi ces projets de développement, figure le Projet de Développement Agricole de Matam (PRODAM), dont l'objectif est de contribuer à la résolution de la problématique locale de l'insécurité alimentaire et de la pauvreté rurale tout en préservant l'environnement et les ressources naturelles. Le projet a mis l'accent sur l'implication et la responsabilisation et le renforcement des capacités organisationnelles, managériales et techniques des communautés pastorales dans la gestion durable des ressources naturelles afin de renforcer leurs résiliences et capacités d'adaptation au

changement climatique, à la pauvreté et à l'insécurité alimentaire. Dans ce cadre, le projet a permis d'appuyer les communautés pastorales à définir d'un commun accord des règles de gestion durable des ressources naturelles réparties en deux catégories :

**Les règles de protection des ressources naturelles et de l'environnement** sont : éviter de créer un feu de brousse, sensibiliser contre les feux de brousse, participer à l'extinction des feux, alerter le service eaux et forêts, surveiller l'environnement, participer à l'entretien des pares-feux, éviter la coupe abusive de bois, éviter de pratiquer le braconnage, respecter les zones de mise en défens, participer aux activités de reboisement, respecter les consignes des écogardes, et lutter contre l'érosion hydrique et éolienne.

**Les règles d'accès et d'utilisation durables des ressources naturelles et de l'environnement** sont les transhumants ne doivent pas habiter à plus 1 km du village, les habitations ne doivent pas camper à côté des mares, le respect des zones à vocation pastorale, la clôture des champs aux alentours des mares en hivernage, faire pâturer l'élevage loin des zones d'emprise des forages en hivernage, l'utilisation des pâturages près forage en saison sèche, la sensibilisation des transhumants sur les règles à respecter, le règlement des conflits à l'amiable, la réalisation des activités génératrices de revenu.

Le processus d'élaboration de ces règles de gestion comprend dix étapes (Figure 2). Dans ce processus, le rôle du PRODAM s'est limité à faciliter les débats autour de la concertation, au moyen d'outils participatif et à travers un processus itératif et interactif de communication avec l'ensemble des groupes villageois sans privilégier les uns ou les autres. Ceci permet de placer les éleveurs au centre du processus de mise en place des plans de gestion.



**Figure 2.** Etape d'élaboration des règles de gestion des ressources naturelles

### 2.3. Cadre théorique de l'estimation des taux d'adoption : biais de sélection

Dans la littérature, la plupart des études réalisées sur les déterminants de la gestion communautaires des ressources naturelles utilisent des méthodes classiques Probit ou Tobit (Saka *et al.*, 2005 ; Peterson *et al.*, 2015). Cependant, ces méthodes donnent une estimation biaisée des taux réels d'adoption car elles supposent que la connaissance 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 taux réel 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 taux 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 général, 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 premières 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.

### 2.4. Estimation des taux d'adoption et des déterminants par le modèle de l'effet moyen des traitements

Pour contrôler de façon appropriée les biais de non exposition et de sélection positive et estimer de façon robuste les taux réels d'adoption et les déterminants, Diagne et Demont (2007), ont développé le modèle d'estimation de l'effet moyen du traitement, plus connu 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 ; Ojehomon *et al.*, 2012 ; Dibba *et al.*, 2015 ; Basse, 2015 ; Diouf, 2017 ; 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 d'au moins d'une règle de gestion des ressources naturelles et de l'environnement.

Soit  $T$  une variable binaire déterminant le statut de l'exposition aux règles de gestion des ressources naturelles et de l'environnement  $T_i = 1$  signifie que l'éleveur a été exposé aux règles de gestion des ressources naturelles et de l'environnement (et par conséquent il connaît les règles de gestion) et  $T_i = 0$  signifie qu'il n'a pas été exposé. L'exposition à une règle de gestion est supposée avoir un effet sur l'adoption de la règle 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 potentielle des règles de gestion des ressources naturelles et de l'environnement 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 potentielle  $y_1$  et  $y_0$  et du statut d'exposition  $T$  comme suit :

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

Dans la présente étude où le résultat de l'adoption est une variable binaire prenant la valeur 1 si l'éleveur adopte au moins règle de gestion ou 0 sinon, alors la valeur attendue correspondant au résultat moyen de l'adoption d'une règle de gestion 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 les règles de gestion) :

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

**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 les règles de gestion) :

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

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 non de Joint Exposure and Adoption (**JEA**).

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

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

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

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

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

**2.5. Hypothèse d'estimation de l'effet moyen des traitements**

Tel que présenté dans la section précédente, l'estimation ATE est basée sur le cadre conceptuel de résultats potentiels. Le principal problème associé à ce cadre est l'incapacité d'observer la situation contrefactuelle. Autrement dit, il est impossible d'observer le résultat d'adoption potentiel d'un élève qui n'est pas informé de l'existence des règles sans d'autres hypothèses. Par conséquent, 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) qui

identifie un ensemble de variables  $X_i$  qui influencent la décision individuelle d'adopter une technologie donnée et un vecteur de covariables  $Z_i$  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 aux règles de gestion 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  $Z_i$  :

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

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

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

L'effet moyen de l'exposition sur l'adoption des règles de gestion peut être estimé à partir du modèle standard des variables endogènes dichotomiques représenté par les équations suivantes :

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 T_i + \varepsilon_i \text{ et } \dots \dots \dots (12)$$

$$T_i^* = \alpha_0 + \alpha_1 Z_i + \vartheta_i \dots \dots \dots (13)$$

$$T_i = \begin{cases} 1 \text{ si } T_i^* > 0 \\ 0 \text{ si } T_i^* < 0 \end{cases} \dots \dots \dots (14)$$

Avec  $y_i$  le résultat observé de l'adoption,  $T_i$  et  $T_i^*$  représentant respectivement le statut observé de l'adoption et latent de l'exposition aux règles de gestion,  $\beta_i$  représente l'effet causal de l'exposition sur l'adoption des règles de gestion et  $Z_i$  l'ensemble des valeurs des variables explicatives de l'exposition.

**2.6. Estimation semi-paramétrique de l'ATE**

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 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 et 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 élèves exposés aux règles de gestion.

**2.7. 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  $\beta$  un paramètre inconnu qui peut être estimé par l'Estimateur de Maximum de Vraisemblance ou 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  $\hat{\beta}$  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'élèves exposés.

**2.8. Spécification du modèle d'exposition et d'adoption des règles de gestion**

L'adoption se définit comme étant la décision de choisir une innovation donnée comme étant la meilleure alternative (Rogers, 1983), de l'appliquer et de continuer de l'utiliser. Sur le plan théorique, l'analyse de la décision des élèves pour l'application des règles peut se baser sur le modèle d'utilité randomisée (McFadden, 1973). La variable dépendante du modèle d'exposition est le statut de l'exposition qui prend la valeur 1 si l'élève connaît au moins une règle de gestion et 0 sinon. Celle du modèle d'adoption est le statut de l'adoption qui prend la valeur 1 si l'élève applique au moins une règle de gestion et 0 sinon. Dans la littérature, les facteurs affectant les décisions des individus dans l'adoption des règles de gestion collectives des ressources naturelles sont entre autres : les caractéristiques socio-économiques des individus, des ressources naturelles, les facteurs institutionnels et les caractéristiques intrinsèques des règles (Ostrom 1990). Partant des réalités de la zone d'étude et des études réalisées par Riehl *et al.* (2015), Pailler *et al.* (2015) et Petersen *et al.* (2015). Quelques variables ont été retenu comme étant des facteurs susceptibles d'influencer l'exposition et l'adoption des règles de gestion des ressources naturelles. Il s'agit des **caractéristiques socio-économiques** des élèves (genre, âge, ethnie, éducation), **des caractéristiques des ménages** (taille du ménage, taille du cheptel, superficie cultivée et type d'habitat) et des **facteurs institutionnels** (accès au marché, accès aux boutiques et possession d'un téléphone portable).

## 2.9. Echantillonnage, collecte et traitement des données

### Plan de sondage et calcul de l'échantillon

Dans la zone d'étude, les règles de GDRN ont été diffusées dans 158 villages. Au total, il y a 2 685 ménages bénéficiaires avec en moyenne 17 ménages par village. A côté de ces villages bénéficiaires, environ 100 villages n'ont pas bénéficié des formations sur les règles de gestion durable des ressources naturelles. Aussi, en 2013, pour évaluer la situation de la sécurité alimentaire au Sénégal, le PAM a réalisé une enquête nationale sur un échantillon de 8500 ménages, dont 746 ménages dans la région de Matam. Sur cette base, le plan de sondage et le calcul de la taille de l'échantillon ont été réalisés en suivant les étapes suivantes : Étape 1 : Stratifier les villages dans le Ferlo en deux groupes : les villages bénéficiaires des règles (16 au total) et le reste des villages non bénéficiaires ; Étape 2 : Choisir au hasard le nombre minimum  $n_{NB}$  bénéficiaires parmi les 16 non bénéficiaires de sorte à rendre l'échantillonnage en grappes avec le village comme grappe faisable ; Étape 3 : Choisir au hasard un nombre  $n_B^v$  de villages à l'intérieur de chaque bénéficiaire sélectionné de sorte à avoir  $n_B \times n_B^v$  villages bénéficiaires sélectionnés ; Étape 4 : Choisir au hasard  $n_{NB} \times n_{NB}^v$  villages dans le groupe de villages non-bénéficiaires. Les villages non-bénéficiaires seront sélectionnés relativement loin du groupe des villages bénéficiaires ; Étape 5 : Sélectionner au hasard un nombre  $n_{mvf}$  de ménages à l'intérieur de chaque village sélectionné. Donc, le nombre total de ménages dans l'échantillon du Ferlo sera égale à

$2 \times n_B \times n_B^v \times n_{mvf}$  dans chaque groupe de villages bénéficiaires et non bénéficiaires.

Le plan de sondage a consisté en un échantillonnage des villages bénéficiaires et non tiré séparément pour chaque groupe, en utilisant un échantillonnage avec stratification à deux degrés avec le choix des villages comme grappes au premier degré et le ménage au second degré. Cependant, il a été noté que le nombre fixe et petit de grappes traitées (c'est-à-dire les villages bénéficiaires) limite la flexibilité avec laquelle l'on peut déterminer les tailles minimums requises des échantillons. Ensuite, il a été réalisé les combinaisons alternatives raisonnables des nombre et taille des grappes en dessous des valeurs minimums déterminées ci-dessus qui nous donnent un minimum d'effet détectable relatif avec une puissance statistique de 80 % et un niveau de signifiante de 5 %. Ainsi, l'analyse de faisabilité du plan de sondage et la détermination de la taille minimum de l'échantillon ont conduit à échantillonner au hasard 8 des 16 bénéficiaires et 2 villages (les grappes traitées) dans chaque sélectionnée. En effet, 16 villages ont été sélectionnés au hasard parmi les villages des bénéficiaires et 16 autres villages non bénéficiaires. Ensuite, dix (10) ménages sont choisis au hasard dans chaque village sélectionné. Avec une provision de 10 % de taux de refus ou d'abandon, ces choix vont conduire à un total de 352 ménages pour constituer l'échantillon du Ferlo (176 ménages de chaque groupe de traités et de non-traités). Les effets minimums détectables découlant de ces choix pour la taille de l'échantillon sont de 10 % pour le revenu tiré de l'élevage, 14 % pour le revenu agricole et le revenu tiré de cultures vivrières et 7 % pour le revenu total du ménage.

**Tableau 1.** Répartition de l'échantillon selon les communes

Départements	Communes	Villages enquêtés	Types de villages	Nombre de ménages enquêtés
Matam	Ogo	Dendoudi, Lambago	Villages bénéficiaires des règles de GRDN	22
Kanel	Wouro Sidy	Madina Torobé Foumi Hara Diobé Malandou, Fété Bowé Fété Fowrou, Lora	Villages bénéficiaires des règles de GRDN	66
Ranérou	Oudallaye	Loumboul Samba Abdoul Tékinguel, Fourdou Péthiel, Lougé Gnibi Boula	Villages bénéficiaires des règles de GRDN	66
	Ranérou	Ranérou, Hodioldou		22
	Vélingara Ferlo	Mbackédji Samba Niaky Mbackédji Alpha Ndioloyel Wouro Ousmane Niarwel, Wendou Guéloki Wendou Kolé Wendou Sembane Bélel Kodioly Wendou Niargo, Kahé	Villages non bénéficiaires des règles de GRDN	163



		Dioly Kadié, Wendou Diamy, Douré Wabindou, Walindawa	
Total	5	16	339

## 2.10. Collecte et analyse des données

L'organisation des enquêtes sur le terrain a démarré par l'élaboration des outils de collecte des données. Il s'agit d'un questionnaire et d'un guide d'entretien pour la collecte de données quantitatives et qualitatives. Le questionnaire et le guide d'entretien ont été testés dans quatre villages pour apprécier la pertinence, la cohérence des questions posées et estimer la durée de l'enquête. Ce test a permis de corriger et de réajuster les incohérences sur le questionnaire et le guide d'entretien afin d'avoir une version finale.

Les enquêtes ont été organisées en deux phases. La première phase a consisté à la collecte des données qualitatives par focus group. Au total, 32 focus group ont été tenus dans l'ensemble des villages de l'échantillon. Dans chaque village, le focus group a réuni, en présence du Chef de village et des notables religieux, l'ensemble des couches de la société villageoise, notamment, les chefs de ménages, les femmes, les jeunes et les vieux. La deuxième phase de l'enquête a porté sur la collecte des données quantitatives. Elle a consisté à la collecte de données auprès de 339 ménages à l'aide d'un questionnaire. Les méthodes statistiques et économétriques pour analyser les données collectées ont

été utilisées. Les méthodes statistiques usuelles telles que les statistiques descriptives sont utilisées pour analyser les données relatives aux caractéristiques socio-économiques et démographiques des villages et des ménages. Des tests statistiques de comparaison de moyenne de différences des variables sur les caractéristiques socio-économiques et démographiques ont été réalisés entre les villages et les ménages où les règles de GDRN ont été et non diffusées. Des modèles économétriques ont été utilisés pour d'une part estimer les taux d'adoption et les déterminants de l'adoption des stratégies d'adaptation au changement climatique. Le logiciel CSPRO a été utilisé pour la saisie des données collectées. Ces données ont été ensuite exportées vers le STATA SE 14 pour l'apurement, l'analyse statistique et économétrique. La commande *test* du logiciel STATA a été utilisée pour faire les tests statistiques de différences de moyennes. Pour les analyses économétriques, les commandes *adoption* et *impact* développées par Diagne (2015) dans le manuel méthodologique d'évaluation d'impact, ont été utilisées pour estimer les taux d'adoption et l'impact de l'adoption des stratégies d'adaptation au changement climatique.

## 3. RESULTATS ET DISCUSSION

### 3.1. Caractéristiques socio-économiques des agro-pasteurs

Le tableau 2 présente le test de comparaison des agro-pasteurs exposés et ceux non exposés aux règles de gestion durable des ressources naturelles et de l'environnement. Ce tableau montre que l'âge moyen des chefs de ménages est de 45 ans. La taille moyenne des ménages est de 16 et est supérieure à la moyenne nationale qui est de 10 (ANSD, 2013). Dans la zone, les chefs de ménages appartiennent majoritairement à l'ethnie peulh, mariés et de sexe masculin. Ce résultat traduit la réalité du pays en général et de la zone en

particulier, qui en raison de la tradition, de la religion, l'homme est de facto, le chef de ménage. Seuls 4 % des chefs de ménage sont scolarisés. Cependant, 37 % parmi eux sont alphabétisés avec une différence statistique positive et significative. Dans la zone, 44 % des ménages habitent dans des cases en paille, 40 % dans des bâtiments en béton et 15 % se logent dans d'autres types. En moyenne, la taille du cheptel est de 155 têtes et la superficie par ménage est de 3,29 ha et 55 % parmi eux possèdent un téléphone portable.

**Tableau 2.** Caractéristiques socio-économiques des agro-pasteurs selon le statut d'exposition

Caractéristiques	Exposés	Non exposés	Total	Différence de test
Nombre d'observations	163	176	339	
Age (Ans)	48 (0.99)	43 (1.05)	45 (0.73)	5***
Taille ménage (Nbre)	17 (7.3)	16 (5.87)	16 (6.7)	0.9
Sexe chef ménage				
Homme (%)	96 (20)	94 (24)	95 (22)	1.58
Femme (%)	4 (20)	6 (24)	5 (22)	1.58
Ethnie				
Peulh (%)	99 (11)	91 (29)	95 (22)	8***

Autres (%)	1 (10)	9 (28)	5 (21)	-8***
Statut matrimonial				
Marié (%)	97 (18)	96 (18)	96 (18)	0.2
Célibataire (%)	3 (18)	4 (19)	3 (18)	0.2
Education				
Scolarisation (%)	6 (24)	1 (11)	4 (19)	5*
Alphabétisation (%)	66 (47)	6 (22)	37 (48)	60***
Habitat				
Case en paille (%)	22 (42)	68 (46)	44 (49)	-45***
Bâtiment en béton (%)	54 (49)	25 (43)	40 (49)	29***
Autres (%)	23 (42)	6 (25)	15 (36)	16***
Information				
Radio (%)	87 (33)	90 (29)	88 (85)	-3
Portable (%)	82 (37)	25 (43)	55 (49)	57***
Elevage/Agriculture				
Taille cheptel (Nbre)	103 (134)	199 (167)	150 (158)	-96***
Superficie (ha)	3.98 (4.61)	2.55 (2.17)	3.29 (3.71)	1.43***

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

### 3.2. Estimation économétrique des taux d'adoption actuel et potentiel des règles

Les résultats du tableau 3 montre que le taux d'adoption actuel d'au moins une règle de protection de l'environnement et des ressources naturelles est estimé à 53 % pour les modèles ATE paramétriques et semi-paramétriques. Alors que les taux d'adoption potentielle sont estimés à 82 % et 83 % respectivement pour les modèles ATE semi-paramétrique et paramétrique. Ceci traduit que si toute la population avait été sensibilisée sur les règles de protection des ressources naturelles et de l'environnement, alors au moins 82 % des éleveurs auraient adopté ces règles. Par conséquent, il en découle un gap d'adoption de -30 %, qui représente la différence entre le taux potentiel d'adoption et le taux commun d'exposition et d'adoption. Ce gap est dû à une diffusion incomplète des règles au niveau de la population cible de l'intervention du projet PROADAM. De plus, les résultats montrent que le taux d'adoption dans la sous-population des éleveurs sensibilisés sur les règles de protection des ressources naturelles et de l'environnement est estimé à 94 %. Autrement dit, 94 % des éleveurs sensibilisés ont adopté les règles de protection des ressources naturelles et de l'environnement. En outre, on observe que 69 % des éleveurs qui ne sont pas sensibilisés sur ces règles auraient adopté ces règles s'ils avaient été sensibilisés. Le biais de sélection positive, estimé à 11 % et, représente la différence entre le taux d'adoption potentiel dans la population et le taux d'adoption dans la sous-population sensibilisée sur les règles de protection de l'environnement et des ressources naturelles. La signification du biais de sélection positif au seuil de 1 % montre que les éleveurs sensibilisés sur les règles de protection des ressources naturelles n'ont pas la même

probabilité d'adopter ces règles que tout éleveur choisi au hasard dans la population.

Pour les règles d'accès et d'utilisation durables des ressources naturelles et de l'environnement, les résultats du tableau 3 montrent que le taux actuel d'adoption est estimé à 51 % pour les deux modèles. En revanche, le taux d'adoption potentiel dans la population totale d'au moins d'une règle de cette catégorie est estimé à 97 % pour le modèle ATE semi-paramétrique et à 85 % pour le modèle ATE Probit. Il en découle, un gap d'adoption de -46 % pour le modèle semi-paramétrique et -33 % pour le modèle paramétrique. Le taux d'adoption dans la sous-population des exposés est estimé à 95 % pour les deux modèles, alors que le taux d'adoption potentiel dans la sous-population non exposée est estimé à 99 % pour le modèle ATE semi-paramétrique et à 73 % pour le modèle ATE Probit. Le biais de sélection positive est estimé à 1,09 % par le modèle ATE semi-paramétrique et à 10 % par le modèle ATE Probit. Le gap d'adoption nous renseigne qu'il existe une forte demande en matière de sensibilisation des éleveurs du Ferlo sur les règles de gestion des ressources naturelles et de l'environnement. De plus, le biais de sélection positive qui nous renseigne sur le fait qu'un éleveur sensibilisé sur les règles de gestion des ressources naturelles n'a pas la même probabilité d'adopter ces règles qu'un éleveur pris au hasard dans la population démontre encore l'importance de la sensibilisation. Cela a été beaucoup mentionné par les éleveurs lors des discussions par focus group : « *le PROADAM a beaucoup fait de réunions d'information et de sensibilisation de tous les éleveurs sans exception, ce qui nous a permis d'être de plus en plus conscient et de nous engager pour définir et appliquer par nous-mêmes des règles de gestion de nos ressources naturelles et de*

notre environnement, pour notre propre bien-être et notre survie ». Les résultats susmentionnés sont en conformité avec plusieurs études empiriques qui ont montré que le manque d'information et de sensibilisation des populations est le premier frein à l'adoption des nouvelles innovations et technologies agricoles (Diagne et Demont,

2007 ; Parienté, 2008). En terme d'implication politique, il est nécessaire de poursuivre les efforts d'investissements sur la sensibilisation des éleveurs sur les règles de l'environnement et des ressources naturelles pour combler le gap d'adoption.

**Tableau 3.** Taux d'adoption actuel et potentiel des règles de GDRN

Paramètres	Règles protection ressources naturelles		Règles d'utilisation des ressources naturelles		Combinaison des règles : Groupe 1 et Groupe 2	
	IPSW	ATE Probit	IPSW	ATE Probit	IPSW	ATE Probit
Taux d'adoption potentielle dans la population totale	82 % (28 %) ***	83 % (3,2 %) ****	97 % (38 %) **	85 % (5,1 %) ****	78 % (17 %) ***	85 % (2,8 %) ***
Taux d'adoption potentielle dans la sous-population sensibilisée	94 % (44 %) **	94 % (1,4 %) ****	95 % (47 %) **	95 % (1,1 %) ****	94 % (28 %) ***	94 % (1,4 %) ***
Taux d'adoption potentielle dans la sous-population non sensibilisé	68 % (19 %) ***	69 % (6,3 %) ****	99 % (49 %) **	73 % (10 %) ****	56 % (8,7 %) ***	74 % (5,2 %) ***
Taux commun d'adoption et d'exposition	53 % (25 %) **	53 % (8 %) ****	51 % (25 %) **	51 % (0,6 %) ****	53 % (16 %) ***	53 % (0,7 %) ***
Gap d'adoption	-29 % (8 %) ***	-30 % (2,7 %) ****	-46 % (43 %) **	-33 % (4 %) ****	-24 % (3,8 %) ***	-32 % (2,3 %) ***
Biais de sélection positive	11 % (18 %)	10 % (2,4 %) ****	1,9 % (27 %)	10 % (4,6 %) **	16 % (12 %) ***	8,8 % (1,9 %) ***

Note : \* p<0,1; \*\* p<0,05; \*\*\* p<0,01 et \*\*\*\* p<0.001. Valeur entre parenthèse : écart type.

### 3.3. Déterminants de l'adoption des règles de gestion durable des ressources naturelles et de l'environnement

Les résultats du tableau 5 montrent que le test de Wald chi2 (6) est significativement différent de zéro, ce qui montre que le modèle est globalement bien spécifié et que les régresseurs peuvent expliquer l'adoption des règles de protection des ressources naturelles et de l'environnement ainsi que les règles d'accès et d'utilisation des ressources naturelles. Plusieurs variables sont des déterminants significatifs de l'adoption des règles de protection des ressources naturelles et de l'environnement et des règles d'accès et d'utilisation des ressources naturelles. L'alphabétisation du chef de ménage influence positivement l'adoption des règles de protection des ressources naturelles et de l'environnement ainsi que l'adoption des règles d'accès et d'utilisation des ressources naturelles avec un seuil de significativité de 10 %. De plus, les effets marginaux montrent que le fait que le chef de ménage soit alphabétisé augmente significativement de 10 % et de 5 % respectivement la probabilité d'adoption des règles de protection des ressources naturelles et de l'environnement et les règles d'utilisation et d'accès aux ressources naturelles. Ce résultat n'est pas surprenant, car toutes les règles ont été traduites en langue locale et les éleveurs ont été sensibilisés sur ces règles. En effet, les éleveurs

alphabétisés disposent de plus d'informations leur permettant de mieux évaluer l'importance des règles de gestion des ressources comme stratégie efficace pour faire face au changement climatique. Également, plus les éleveurs sont instruits, plus ils sont ouverts aux innovations.

Des études similaires ont montré que l'éducation a un effet positif sur l'adoption des stratégies d'adaptation au changement climatique. Une étude de Madisson (2007) sur un échantillon de 11 pays africains a montré que l'éducation est le déterminant principal de l'adoption d'au moins une stratégie d'adaptation au changement climatique. Des résultats similaires ont été trouvés par Deressa *et al.* (2009) dans une étude sur les déterminants de l'adaptation au changement climatique en Éthiopie. De plus, les résultats révèlent que la possession d'un téléphone portable influence positivement l'adoption des règles de protection des ressources naturelles et de l'environnement ainsi que l'adoption des règles d'accès et d'utilisation des ressources naturelles avec un degré de signification respectif de 5 % et de 1 %. Parallèlement, les effets marginaux montrent que la possession d'un téléphone portable augmente significativement de 15 % et 13 % respectivement la probabilité d'adopter les règles de protection des ressources naturelles et de l'environnement ainsi que les règles d'accès et d'utilisation des ressources naturelles. En effet, le téléphone facilite la

communication et l'accès à l'information, par conséquent il peut influencer l'adoption des règles de gestion des ressources naturelles. Dans la littérature le rôle des technologies de l'information et de la communication sur l'adoption des nouvelles technologies a été prouvé par Lokossou (2011). En outre, l'âge du chef a une influence positive et significative à un seuil de 5 % sur l'adoption des règles d'accès et d'utilisation des ressources naturelles, mais n'a aucun effet significatif sur l'adoption des règles de protection des ressources naturelles et de l'environnement. Suivant les résultats des effets marginaux, l'âge du chef de ménage augmente significativement de 0,01 % la probabilité du chef de ménage d'adopter les règles d'accès et d'utilisation des ressources naturelles. Ceci montre que plus le chef de ménage est âgé plus il est susceptible d'adopter de nouvelles méthodes d'accès et d'utilisation des ressources naturelles.

En effet, ce résultat peut être expliqué par le fait qu'avec l'expérience et les phénomènes climatiques vécus (sécheresses des années 70 et 80), les éleveurs âgés sont plus conscients sur la nécessité d'utiliser les ressources naturelles de manière durable. Des études menées par Roussy *et al.* (2015) et Petersen *et al.* (2015) ont montré que l'âge a une influence positive et significative sur l'adoption de stratégies d'adaptation au changement climatique. Cependant, l'étude a montré que la taille du

cheptel a une influence négative et significative au seuil de 0,01 % sur l'adoption des règles de protection des ressources naturelles, mais n'a pas un effet significatif sur l'adoption des règles d'accès et d'utilisation des ressources naturelles.

Les effets marginaux montrent qu'une augmentation de la taille du cheptel d'une unité réduit de 0,02 % la probabilité d'adopter au moins une règle de protection des ressources naturelles et de l'environnement. Ce résultat est en conformité avec celui trouvé par Simane et Amare (2018) qui ont montré qu'en Éthiopie, une augmentation d'une unité du nombre d'Unité de Bétail Tropical réduit de 3,35 % la probabilité des éleveurs d'adopter au moins une option d'adaptation au changement climatique. Dans la zone, l'effet négatif de la taille du cheptel sur l'adoption des règles de protection des ressources naturelles et de l'environnement peut être expliqué par le fait que les éleveurs qui disposent d'un plus grand nombre de cheptels pratiquent le plus souvent la transhumance à la recherche de l'eau et des pâturages, et par conséquent, ils sont peu sensibles à la protection des ressources naturelles de leur terroir. Enfin, les résultats du tableau 16 montrent que la décision des éleveurs d'adopter les règles de protection des ressources naturelles et de l'environnement et des règles d'accès et d'utilisation des ressources n'est pas influencée significativement par la taille du ménage et l'accès aux boutiques.

**Tableau 4.** Déterminants de l'adoption des règles de GDRN

Variables	Règles de protection des ressources naturelles		Règles d'utilisation des ressources naturelles	
	Coefficients	Effets marginaux	Coefficients	Effets marginaux
Age chef ménage	0,005(0,013)	0,006 (0,014)	0,026 (0,13) **	0,001**
Taille ménage	0,038(0,042)	0,04 (0,004)	-0,005(0,033)	-0,000 4
Alphabétisation du chef de ménage	1,07 (0,49) **	0,10 (0,51) **	0,83 (0,48) *	0,053*
Accès aux boutiques	- 0,03 (0,34)	-0,003 (0,38)	-0,38(0,46)	-0,02
Possession téléphone	1,17 (0,46) **	0,15 (0,75) **	1,41 (0,44) ***	0,13*
Taille cheptel	-0,00 (0,001) **	-0,002 (0,01) ****	-0,000 9 (0,001)	-0,000 6
Nombre observation	191		182	
Wald chi2 (6)	81,80		114,14	
Prob > chi2	0,000		0,000	

Note : \* p<0,1 ; \*\* p<0,05 ; \*\*\* p<0,01 et \*\*\*\* p<0,001. Valeurs entre parenthèses représentent l'écart type

#### 4. CONCLUSION

La gestion durable des ressources naturelles est une préoccupation majeure de l'État du Sénégal particulièrement dans la partie sahélienne où se pratique l'élevage pastoral. La diffusion des règles de gestion durable des ressources naturelles à travers l'information, la sensibilisation et la formation des agro-pasteurs a été l'approche utilisée par les différents projets pour favoriser l'adoption de ces règles de protection, de préservation et d'utilisation durable des ressources naturelles.

Les résultats de cette étude ont montré que la diffusion de ces règles est une approche pertinente qui a permis à plus de la moitié des agro-pasteurs d'adopter les règles de gestion durable des ressources naturelles et de l'environnement. Ce niveau d'adoption aurait pu être significativement amélioré si tous les agro-pasteurs avaient été informés, sensibilisés et formés sur les règles de gestion durable des ressources naturelles et de l'environnement. De plus, l'étude révèle qu'en dehors de la sensibilisation, d'autres facteurs tels que l'âge du chef de ménage, son niveau d'alphabétisation et son niveau d'accès aux technologies de l'information et de la communication sont des déterminants significatifs de l'adoption des règles de gestion durable des ressources naturelles et de l'environnement.

Au regard des résultats de cette étude, il est nécessaire de poursuivre le renforcement des capacités des agro-pasteurs sur des règles de gestion durable des ressources naturelles et de l'environnement pour combler le gap d'adoption. Deuxièmement, pour augmenter le taux d'adoption, il faut tenir compte de l'âge, de l'alphabétisation et des technologies de l'information et de la communication.

#### Références

Adégbola P., Arouna A., Diagne A. & Adékambi S. A., 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 A. S., Diagne A., Simtowe F. P. & Biao 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*, 19 p.

Agence Nationale des Statistiques et de la Démographie (ANSD), 2013. *Recensement Général de la Population, l'Habitat et l'Élevage*, 418 p.

Amare A. & Simane B., 2017. Determinants of Smallholder Farmers' Decision to Adopt Adaptation Options to Climate Change and Variability in the Muger Sub Basin of the Upper Blue Nile Basin of Ethiopia. *Agriculture & Sécurité alimentaire*, 6, 64. <https://doi.org/10.1186/s40066-017-0144-2>.

Baland J. M. & Platteau J. P., 1996. *Halting degradation of natural resources: Is there a role for rural communities?* New York, USA, Oxford, UK: Food and Agricultural Organization and Clarendon Press, 276 p.

Basse B W., 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, Université Gaston Berger de Saint Louis, Sénégal, 209 p.

Call M. & Jagger P., 2017. Social capital, collective action, and communal grazing lands in Uganda. *International Journal of the Commons* 11(2), 854-876. [doi.org/10.18352/ijc.761](https://doi.org/10.18352/ijc.761)

Chambers R., Karlan D., Ravallion M. & Rogers P., 2009. Méthodologie de l'évaluation d'impact : présentation de différentes approches. *Working Paper 4 (In French), Initiative Internationale pour l'évaluation d'impact-3ie*.

Deressa T., Hassan R., Alemu T., Yesuf M. & Ringler C., 2009. Analyzing the determinants of farmers' choice of adaptation measures and perceptions of climate change in the Nile Basin of Ethiopia. *International Food Policy Research Institute (IFPRI) Discussion Paper*, 00798, Washington, D.C.

Diagne A., 2007. *Bred for women rice farmers? Impact of NERICA adoption on rice yield in Côte d'Ivoire*. Mimeo", WARDA, Cotonou, Benin. 1-22.

Diagne A., 2010. Technological change in smallholder agriculture: Bridging the adoption gap by understanding its source. *African Journal Agricultural Resource Economics*, 5(1), 1-26

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, 201-210.

Dibba L., Zeller M., Diagne A. & 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 N.S., 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, Université Gaston Berger de Saint Louis, Sénégal, 148 p.

Direction de l'Analyse et de la Prévision des Statistiques Agricoles (DAPSA), 2016. *Revue conjointe du secteur agricole*, 129 p.

Fall C., 2006. Développement pastoral et gestion des ressources naturelles. L'approche par les unités pastorales dans la zone du Ferlo (Sénégal). *Traverse*, 26, 1-16.

Issoufou O.H., Boubacar S., Adam T. & 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.

Lokossou J. C., 2011. *Impact de l'adoption des variétés de riz NERICA sur la productivité des facteurs de production : cas des départements de l'Atacora et des Collines*. Mémoire de maîtrise, Université d'Abomey-Calavi, Benin, 98 p.

Maddison D., 2007. The perception of and adaptation to climate change in Africa. *Policy Research Working*

- Paper 4308*. The World Bank, Development Research Group, Sustainable Rural and Urban Development Team, 53 p.
- McFadden D., 1973. Conditional logit analysis of qualitative choice behavior. In Zarembka P (ed.), *Frontiers in econometrics*. New York: Academic Press, pp.105-142.
- Ministère de l'Élevage et des Productions Animales du Sénégal, 2017. *Revue du Secteur de l'élevage*. Rapport de recherche, 129 p.
- Ostrom E., 1990. Governing the commons: The evolution of institutions for collective action. New York, NY: Cambridge University Press, 200 p.
- Ostrom E., 2011. Beyond markets and states: Polycentric governance of complex economic systems. *American Economic Review*, 100(3), 641-72.
- Ouédrago M. & Dakoué D., 2017. Evaluation 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.
- Pailler S., Naidoo R., Burgess N.D., Freeman O.E. & Fisher B., 2015. Impacts of Community-Based Natural Resource Management on Wealth, Food Security and Child Health in Tanzania. *PLoS ONE*, 10(7), 1-22. doi:10.1371/journal.pone.0133252
- Pariété W., 2008. Analyse d'impact : l'apport des évaluations aléatoires. *Stateco*, 103, 5-17
- Peterson J., McKim B., Redmon L., Peterson T., Wagner K., McFarland M. & Gentry T., 2015. Factors influencing the adoption of water quality best management practices by Texas Beef Cattle Producers. *Journal of Agriculture and Environmental Sciences*, 4(1), 163-180.
- Place F., Kariuki G., Wangila J., Kristjanson P., Makauki A. & Ndubi J., 2004. Assessing the factors underlying differences in achievements of farmer groups: Methodological issues and empirical findings from the highlands of Central Kenya. *Agricultural Systems*, 82(3), 257-272.
- Riehl B., Zerriffi H. & Naidoo R., 2015. Effects of Community-Based Natural Resource Management on Household Welfare in Namibia. *PLoS ONE*, 10(5), 1-23. doi:10.1371/journal.pone.0125531
- Rogers E. M., 1983. *Diffusion of innovations*. Third edition. The Free Press, London, 236 p.
- Rosenbaum P. R. & Rubin D.R., 1983. The Central Role of the Propensity Score in Observational Studies for Causal Effects. *Bometrika*, 70(1), 41-55.
- Roussy C., Ridier A. & Chaib K., 2015. Adoption d'innovations par les agriculteurs : rôle des perceptions et des préférences. *Working Paper SMART-LERECO*, N° 15-03.
- Rubin D. B., 1974. Estimating causal effects of treatments in randomized and non randomized studies. *Journal of Educational Psychology*, 66(5), 688-701.
- Saka J.O. & Lawal B.O., 2009. Determinants of adoption and productivity of improved rice varieties in southwestern Nigeria. *African Journal of Biotechnology*, 8(19), 4923-4932.
- 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.
- Tesfaye B., Bedada B. & Mesay Y., 2016. Impact of improved wheat technology adoption on productivity and income in Ethiopia. *African Crop Science Journal*, 24(1), 127-135.
- Wade R., 1988. *Village republics: Economic conditions for collective action in south India*. New York., NY: Cambridge University Press, 25 p.
- Wane A., Cadilhon J.J. & Yauck M., 2017. Socioeconomic impacts of innovative dairy supply chain practices – The case of the Laiterie du Berger in the Senegalese Sahel. *International Food and Agribusiness Management Review*, 20(4), 553-574.