

La variabilité pluviométrique, une pression supplémentaire sur les systèmes de production vivrière : cas de la riziculture inondée dans le département d'Oussouye, Sénégal

Thérèse Marie Ndébane NDIAYE

Laboratoire LEÏDI « Dynamiques des Territoires et Développement », Université Gaston Berger de Saint-Louis, Sénégal

* Correspondance, courriel : tndiaye18@gmail.com

Résumé

Le département d'Oussouye fait partie des régions les plus arrosées du Sénégal. Mais il est soumis aux fluctuations spatio-temporelles de la pluviométrie observables dans les pays du Sahel. Ces fluctuations de la pluviométrie pèsent sur les systèmes de production vivrière. Cet article a pour objectif d'analyser les impacts potentiels de la variabilité pluviométrique sur la riziculture inondée dans le département d'Oussouye, une activité séculaire qui a un rôle primordial dans la sécurité alimentaire des ménages ruraux. Des données climatiques constituées par les hauteurs de pluie annuelles et les jours pluvieux ainsi que des statistiques agricoles ont été utilisées. L'indice de pluie standardisé, la variation du nombre de jours pluvieux, le test de détection de rupture de Buishand ont permis de caractériser la variabilité pluviométrique. Celle-ci peut être considérée comme un facteur de vulnérabilité alimentaire en raison de l'impact qu'elle peut avoir sur la productivité rizicole.

Mots-clés : *variabilité pluviométrique, systèmes de production vivrière, riziculture inondée, département d'Oussouye.*

Abstract

The rainfall variability, an additional pressure on food production systems: case of flooded rice cultivation in the department of Oussouye, Senegal

The department of Oussouye is one of the most watered regions of Senegal. But it is also subject to the spatio-temporal variability of rainfall that are observed in the Sahel countries and which constrain on the mainly food production systems. This article aims to analyze the potential impacts of rainfall variability on flooded rice cultivation in the department of Oussouye, a secular activity which has a primary role in food security of rural households. Climatic data consisting of annual rainfall amounts, rainy days and agricultural data were used. The standardized indices rain, the variation of rainy days and the Buishand failure detection test made it possible to characterize the rainfall variability. It can be considered as a vulnerability factor because of its potential effects on rice productivity.

Keywords : *rainfall variability, food production systems, flooded rice cultivation, Oussouye department.*

1. Introduction

Avec 3,8 millions d'hectares de terres arables, soit environ 20 % de la superficie du pays et avec 28 % de la population active agricole [1], l'agriculture constitue un secteur important de l'économie. C'est une agriculture qui est globalement vivrière. Les difficultés de croissance d'une agriculture largement conditionnée par la pluviométrie expliquent l'incapacité de la production vivrière nationale à répondre à la demande locale. Dès l'Indépendance, des soutiens à l'agriculture vivrière se sont traduits par de nombreux programmes. Il s'agit entre autres du Plan céréalier, du Programme National d'Autosuffisance en Riz (PNAR), de la Grande Offensive Agricole pour la Nourriture et l'Abondance (GOANA), et plus récemment du Programme d'Accélération de la Cadence de l'Agriculture Sénégalaise (PRACAS). Toutefois, malgré ces programmes, la forte dépendance de l'extérieur pour des denrées alimentaires de base telles que le riz continue de constituer une préoccupation majeure pour le gouvernement sénégalais. La situation défavorable de la culture vivrière liée à la variabilité pluviométrique constitue un objet d'étude qui intéresse le monde scientifique dans le contexte actuel des Objectifs de développement durable (ODD) qui visent une mobilisation des efforts de lutte contre la faim et la pauvreté. L'étude est centrée sur le département d'Oussouye localisé dans la partie méridionale du Sénégal précisément dans la région de Ziguinchor (Basse-Casamance).

2. Matériel et méthodes

2-1. Présentation de la zone d'étude

Le département d'Oussouye couvre une superficie de 891km². Sur le plan administratif, il est subdivisé en deux arrondissements et est constitué de cinq communes : Oussouye, Mlomp, Djembering, Oukout et Santhiaba Manjack.

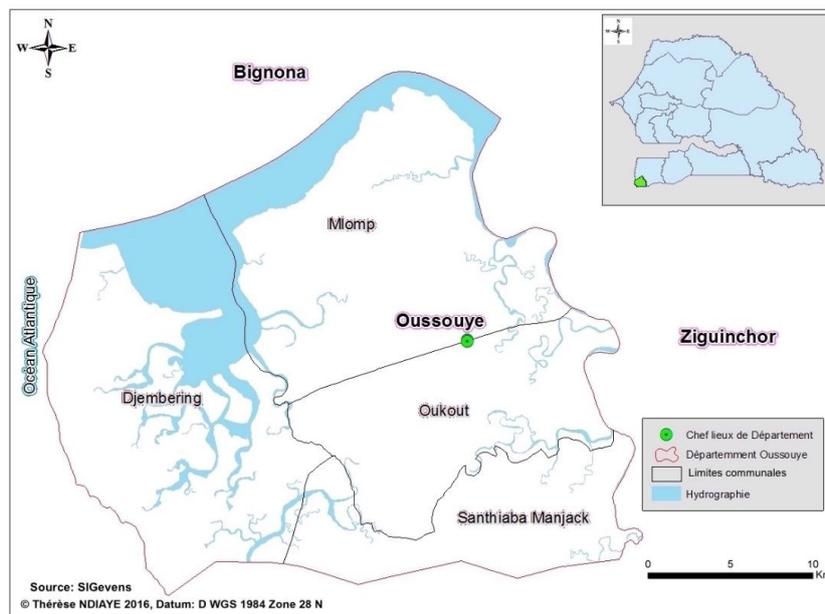


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude

Le climat est de type sud soudanien côtier [2]. La majeure partie des sols cultivés sont hydromorphes. Les localités sont situées sur un vaste plateau dominant des dépressions servant à la riziculture dont l'essentiel de la production est autoconsommé. Le savoir endogène de la population en matière de riziculture a permis

d'assurer pendant des décennies l'autosuffisance alimentaire. Mais, il est noté depuis la sécheresse des années 1970 un recul de la riziculture traditionnelle [3]. Celle-ci est tributaire de la pluie qui est le principal mode d'approvisionnement en eau dans la zone alluviale. En Basse-Casamance, quatre types de riziculture ont été classés par l'Institut Sénégalais de Recherche Agricole (ISRA) en fonction de la topographie et de l'approvisionnement en eau. Il y a la riziculture pluviale stricte au niveau du plateau ou des terres exondées ; la riziculture pluviale de nappe ; la riziculture submergée d'eau douce et enfin la riziculture d'eau salée pratiquée dans les plaines récupérées de la mangrove. Malgré les risques de salinisation et d'acidification qui caractérisent les sols de mangrove [4], cette dernière constitue l'une des rizicultures les plus pratiquées en raison de la qualité du riz obtenu et des rendements. Dans ces rizières sont utilisées les variétés *Oryza sativa*, très exigeantes en eau [5]. Leur établissement s'est fait suivant un certain nombre de techniques consistant à contrôler les eaux salées [6] : i) la délimitation des terres à transformer par une grande digue élevée pour séparer les sols à aménager des sols extérieurs salés des palétuviers, ii) la fermeture des drains en début d'hivernage pour capturer et retenir l'eau douce des pluies et de ruissèlement, iii), l'ouverture des drains pour éliminer la lame d'eau et évacuer le sel dissout lorsque l'eau accumulée dans le casier est plus haute que celle salée extérieure iv) l'entretien de la digue principale qui protège les rizières basses. Ces techniques et la gestion collective des ouvrages ont permis la pratique de l'activité rizicole sur des sols assez réceptifs.

2-2. Données disponibles

La méthodologie se fonde sur l'utilisation de trois catégories de données. Les données climatiques précisément les séries pluviométriques des stations d'Oussouye et de Ziguinchor ont été recueillies à l'Agence Nationale de l'Aviation Civile et Maritime (ANACIM). Les données couvrent une période de plus de 60 ans (1950 - 2014) pour la station d'Oussouye et plus de 40 ans pour celle de Ziguinchor. Les données sur les nombres de jours pluvieux concernent trois postes représentatifs de la zone à savoir Oussouye, Kabrousse et Loudia mais celles-ci ne s'étendent que sur la période 1990 - 2013. Les statistiques sur les superficies et les rendements de riz ont été fournies par le Cadre Régional de Concertation des Ruraux (CRCR/Ziguinchor). Elles s'étalent sur une période allant de 1980 à 2014.

2-3. Méthodes

2-3-1. Calcul de l'indice de pluie standardisé

Cet indice est largement utilisé pour ressortir les phases sèches et les phases humides dans une série pluviométrique [7] et permet donc d'observer les variations pluviométriques. Il est obtenu et calculé sur Excel au moyen de l'Équation :

$$i = \frac{X_i - \bar{X}}{\sigma} \quad (1)$$

i = Indice ; X_i = Pluviométrie annuelle enregistrée au cours de l'année i ; \bar{X} = Moyenne pluviométrique interannuelle de la série ; σ = Ecart type de la série pluviométrique sur la période d'étude.

2-3-2. Détection du ou des point (s) de rupture pluviométrique

Le test statistique de Buishand (1982) a été utilisé pour détecter les ruptures dans la série chronologique de la station d'Oussouye, une rupture désignant « une modification subite dans les propriétés d'un processus aléatoire » [8]. Ce test est défini à partir du maximum de la somme cumulée des écarts à la moyenne et à la médiane. Celui-ci « fait référence au modèle simple qui suppose un changement de la moyenne dans la série. Pour tout changement de moyenne survenant au milieu de la série, la statistique U du test s'avère

performante » [9]. Ce test permet de simuler dans un graphe les fluctuations d'une série chronologique et son état stationnaire ou non stationnaire selon qu'un nombre maximum de points se situe à l'intérieur et en dehors de la région de confiance. Celui-ci a été réalisé grâce à Khronostat 1.01.lnk.

2-3-3. Test de corrélation

La corrélation de Pearson à partir du logiciel SPSS 25.0 permet de déterminer l'absence ou la présence de relation entre deux variables. Le test a été appliqué aux hauteurs d'eau annuelles à la station d'Oussouye et aux rendements de riz sur la période 1980-2013.

2-3-4. Observations et entretiens

En plus des observations directes, une série d'entretiens a été tenue auprès de responsables de services d'encadrement à Ziguinchor et à Oussouye.

3. Résultats

3-1. Variabilité pluviométrique dans une zone sud soudanienne

La variation spatio-temporelle de la pluviométrie remarquée dès le début des années 1970 a créé une dynamique défavorable à la productivité des cultures dans la région du Sahel. Dans les régions plus humides du Sénégal méridional, les productions ont commencé à évoluer négativement d'où le recours aux importations pour nourrir une population qui se consacre dans sa grande majorité à la culture du riz.

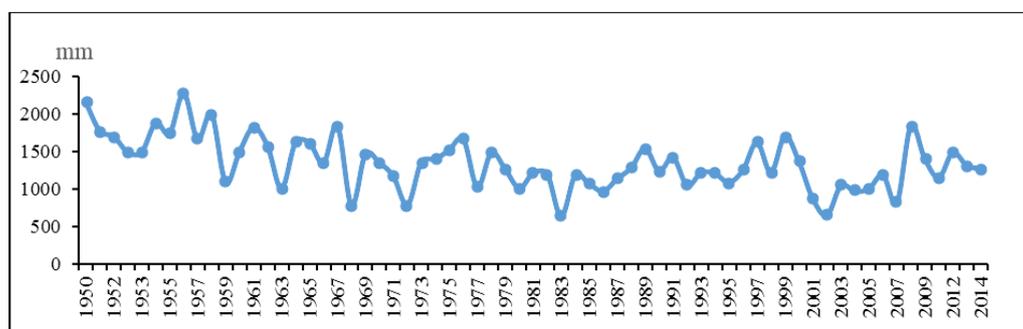


Figure 2 : Évolution de la pluviométrie à la station d'Oussouye de 1950 à 2014

L'analyse des données de la station d'Oussouye de 1950 à 2014 permet de mettre en évidence la variabilité interannuelle de la pluviométrie. Celle-ci varie de 600 à 2000 mm en fonction des années. Si l'année 1956 enregistre la plus forte pluviométrie avec 2274,7 mm, l'année 1959 montre déjà quant à elle les premiers signes d'une péjoration. En se fondant sur la moyenne interannuelle de la série pluviométrique (1950-2014), il ressort dans le **Tableau 1** que les décennies 1951-1960 et 1961-1970 peuvent être considérées comme humides avec en moyenne respectivement 1771 et 1444 mm de pluies enregistrées.

Tableau 1 : Évolution des totaux pluviométriques (en mm) par décennie à la station d'Oussouye

Années	1951-1960	1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-2000	2001-2010
P (mm)	1711,63	1444,01	1300,35	1150,7	1317,54	982,25

La situation pluviométrique connaît par la suite une décroissance au cours des autres décennies notamment la décennie 1981-1990 qui connaît un déficit de 178mm par rapport à la moyenne de la série. Un retour de la pluviométrie est remarqué durant la décennie 1991-2000 mais les cumuls pluviométriques ne rejoignent pas ceux des années pluvieuses. La décennie 2001-2010 est considérée comme sèche avec moins de 1000mm enregistrées et une différence de 346mm par rapport à la moyenne interannuelle. Les normales climatiques passent de 1476mm dans la période 1951-1980 à 1150mm entre 1981-2010. Le test de Buishand dont les résultats sont présentés sous forme d'ellipse sur la **Figure 3** indiquent qu'il y a bien une rupture à la station d'Oussouye.

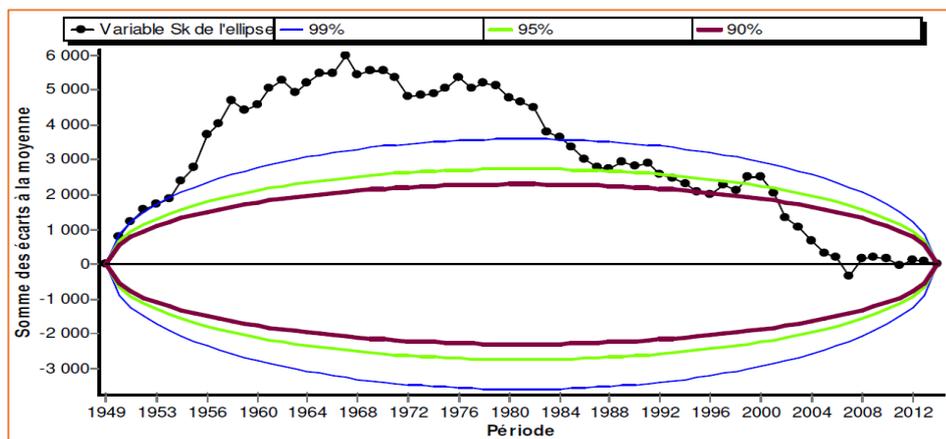


Figure 3 : Ellipses de Bois de la série pluies annuelles de la station d'Oussouye

Plusieurs points correspondant à la somme des écarts cumulés à la moyenne sortent des intervalles de confiance qui sont de 99 %, 95 % et 90 %, ce qui révèle l'état de non stationnarité de la station. Le test place la rupture des séries pluviométriques de la station vers la fin des années 1960, précisément en 1968. L'examen des tendances pluviométriques de la station d'Oussouye révèle que de 1950 à 1967, la pluviométrie est très abondante avec deux années (1960 et 1956) qui ont un indice supérieur à 2.

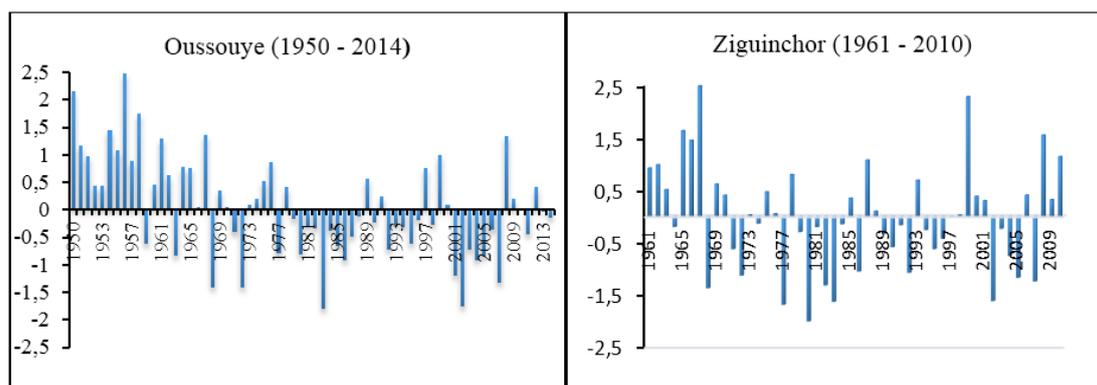


Figure 4 : Évolution de l'indice de pluie standardisé aux stations d'Oussouye et de Ziguinchor

Bien qu'elle comporte quelques années déficitaires, c'est une période qui est globalement excédentaire avec un indice pluviométrique moyen de +0,89. Il s'agit d'une période favorable à un régime hydrique équilibré avec d'importants apports d'eau douce qui limitent les remontées de sel dans le fleuve Casamance et ses affluents. Une longue phase sèche s'installe à partir de 1968 avec des déficits très prononcés et une fréquence des années sèches. De 1968 à 1978, l'indice pluviométrique moyen est de -0,5. L'analyse des tendances pluviométriques de la station de Ziguinchor de 1960 à 2010 révèle une récurrence d'années humides de 1961

à 1967. Les décennies 1970-1979, 1980-1989 et 1990-1999 sont considérées comme déficitaires. De 1985 à 2005 ; seules 6 années sur 20 sont excédentaires avec notamment une période comprise entre 2002 et 2007 excepté 2006 très déficitaire. L'irrégularité pluviométrique est également apparente à travers le nombre de jours pluvieux.

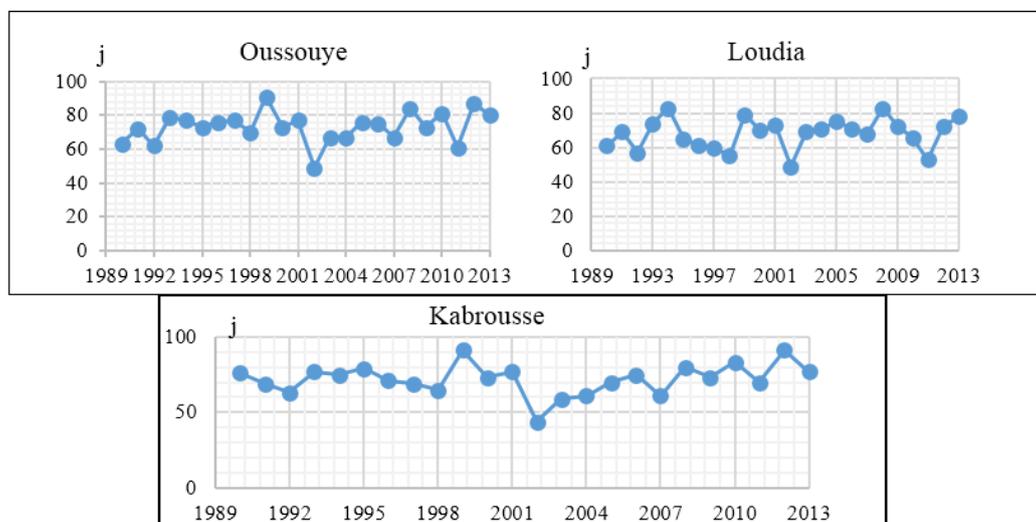


Figure 5 : *Évolution du nombre de jours pluvieux aux stations d'Oussouye, de Loudia et de Kabrousse de 1990 à 2013*

Les nombres de jours de pluie varient d'une année à une autre. Le nombre minimal de jours de pluie est de 49j pour les stations d'Oussouye et de Loudia et de 44j pour la station de Kabrousse. Ces faibles jours pluvieux ont tous été enregistrés en 2002. Le nombre maximal de jours de pluie atteint respectivement pour les stations d'Oussouye, de Loudia et de Kabrousse 91j en 1999, 83j en 1994 et 2008 et 91j en 1999 et en 2012. Le nombre moyen de jours pluvieux à la station d'Oussouye est de 73j, 68j pour Loudia et 72j pour Kabrousse. Ces chiffres montrent que la tendance est à une réduction du nombre de jours pluvieux avec moins de trois mois de pluie. Le nombre de jours de pluie ne semble pas aussi neutre dans la variabilité des hauteurs d'eau précipitées même si certains auteurs ont montré qu'il n'y avait pas une bonne relation entre ces deux variables [10]. Pour ce qui est de nos trois stations, il apparaît que toutes les années à fort excédent enregistrent des nombres de jours de pluie élevés même si les maxima du nombre de jours de pluie enregistrés ne correspondent pas toujours aux années les plus pluvieuses. Par exemple à la station de Loudia, les années 1994 et 2008 enregistrent le nombre de jours de pluie le plus élevé mais les hauteurs d'eau enregistrées sont inférieures à celles de l'année 1999 qui totalise 2099 mm en un nombre de jours pluvieux moindre. A la station d'Oussouye également l'année la plus pluvieuse (2008) n'est pas celle où on a enregistré le plus grand nombre de jours pluvieux. Mais en calculant la moyenne du nombre de jours pluvieux et celle de la pluviométrie annuelle des années déficitaires et excédentaires, il ressort que les années à pluviométrie supérieure à la moyenne, donc les années excédentaires enregistrent une moyenne annuelle de 76 jours de pluie à la station d'Oussouye, 73 jours à la station de Loudia, 76 jours à la station de Kabrousse alors que les années à pluviométrie annuelle inférieure à la moyenne comptent entre 62 et 68 jours. La variabilité pluviométrique peut constituer un handicap pour la riziculture inondée et participer de ce fait à la vulnérabilité alimentaire des ménages.

3-2. Sensibilité de la riziculture inondée à la variabilité pluviométrique

La forte variabilité interannuelle de la pluviométrie explique en partie la variation des superficies et des productions rizicoles même si plusieurs facteurs anthropiques peuvent aussi participer à leur réduction. En 1983, la production totale de riz dans le département d'Oussouye est estimée à 3489 T avec une pluviométrie

moyenne au plus bas (642,9 mm) tandis que la production de l'année précédente fait état de 10.626 T avec une pluviométrie moyenne équivalant à 1199,7mm. De 1980 à 2014, les superficies moyennes au cours des années à pluviométrie excédentaire (1414 mm en moyenne) atteignent 10829 hectares alors que celles des années déficitaires (1031 mm en moyenne) n'enregistrent que 4878 hectares. Il semble alors que les surfaces cultivées ont tendance à varier en suivant l'intensité de la pluviométrie. Les risques d'insécurité alimentaire sont importants à Oussouye où l'on ne compte que de petits exploitants agricoles dont l'activité principale de production est largement tributaire des conditions pluviométriques. Il y a une forte variabilité des rendements comme il apparaît sur la **Figure 6**.

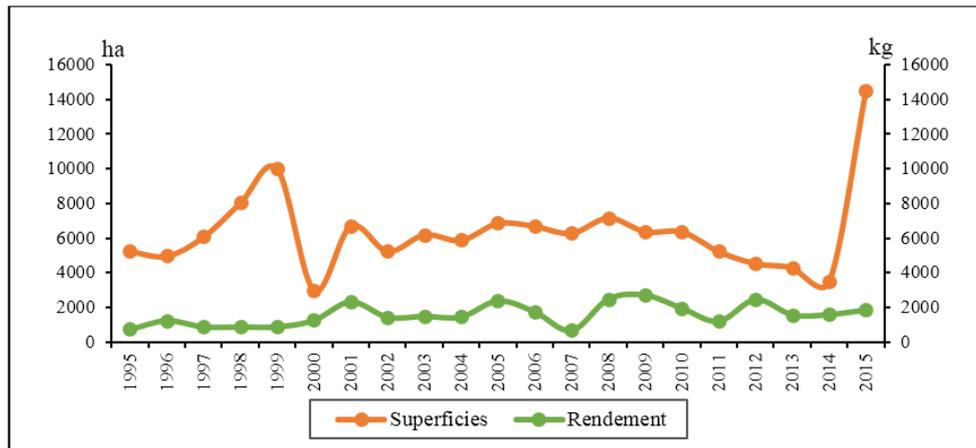


Figure 6 : Évolution de la culture du riz de 1995 à 2015

En 2007 par exemple, le rendement est de 692 kg/Ha, il passe à 2704 kg/Ha en 2009 pour redescendre à 1952 kg/Ha en 2010. A partir de 2000, il n'y a pas une augmentation très sensible des superficies. L'intensification ne produit pas des résultats satisfaisants compte tenu des rendements qui n'arrivent pas à se stabiliser. Les superficies rizicoles tournent en moyenne autour de 6346,9Ha entre 1995 et 2015. Sur la même période, le rendement moyen du riz n'est que de 1589,14 kg/Ha. La variabilité pluviométrique pousse parfois les riziculteurs à accuser un retard dans les travaux de préparation du sol et les semis. Lorsque le semis se fait tardivement par rapport à l'arrivée des premières pluies, il peut se poser un problème de disponibilité de l'eau nécessaire au développement de la plante ; durant la phase reproductive, le plant est particulièrement sensible à la sécheresse et à la salinité [11]. Un semis très précoce par rapport à l'arrivée des premières pluies par contre entraîne un stress hydrique important à la levée et des rendements plus faibles [12]. Au début de la production le risque d'une chute de la pluviométrie peut être significatif. Le manque d'eau doublé d'un espacement des pluies impacte le développement de la pépinière qui est aussi soumise aux menaces des oiseaux déprédateurs. En fonction de la pépinière, les riziculteurs choisissent de cultiver certaines parcelles au détriment d'autres, c'est une façon d'optimiser les chances d'avoir une récolte. L'irrégularité pluviométrique peut entraver le développement des semis qui sèchent sous l'effet de l'insolation. La concentration de la pluie sur une courte période entraîne un tarissement précoce de l'eau et des fissurations qui peuvent accentuer l'évaporation. La production dépend de l'intensité de la pluviométrie durant la période où commence la floraison du riz, ce qui fait qu'il peine à arriver à maturité. L'arrêt brusque des pluies souvent dès la fin du mois de septembre peut entraver le murissement des grains si les conditions d'humidité ne sont pas réunies. Au niveau des rizières basses, l'eau peut endommager les semis. C'est pourquoi il est nécessaire d'estimer la hauteur d'eau à laisser dans la parcelle avec un système de canalisation pour contrôler l'eau, pour qu'à la fin de la culture, il reste une quantité suffisante à la croissance du riz. La pluie conditionne donc systématiquement la productivité des rizières et pèse sur les équilibres vivriers. La corrélation r de Pearson indique un coefficient de corrélation $r = 0.50$ entre les hauteurs d'eau annuelles et les rendements de riz pour la période 1980 - 2013. La **Figure 7** montre cette corrélation entre les hauteurs d'eau et les rendements.

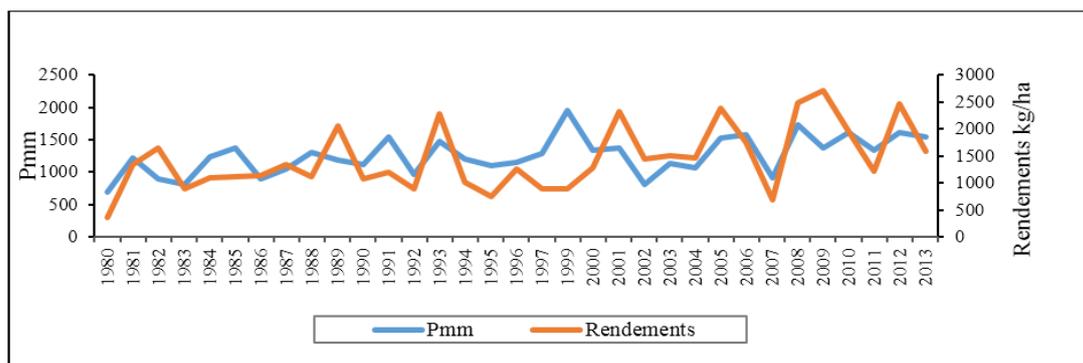


Figure 7 : Corrélation hauteurs d'eau annuelles et rendement

La disponibilité de l'eau douce est très importante pour la culture du riz pratiquée en grande partie sur des substrats salés. La baisse de la pluviométrie amorcée depuis le début des années 1970 a conduit au dysfonctionnement du régime hydrologique des cours d'eau de la Basse Casamance à travers leur hypersalinisation. La proximité avec les marigots constitue un facteur naturel de diffusion de la salinité dans les rizières [13]. C'est pourquoi, il est essentiel de mettre en place des aménagements pour permettre la culture dans les vallées inondables. Les unités de culture sont bordées de diguettes qui permettent de délimiter les parcelles ; en même temps ces aménagements secondaires permettent de réguler l'eau au niveau de la parcelle. Dans un contexte de déficit pluviométrique le risque est que le lessivage des rizières par les eaux pluviales s'avère insuffisant alors que le riz n'a pas atteint un certain degré de maturité et que le flux salé remonte à la surface à la faveur de la baisse des réserves d'eaux pluviales par évaporation ou infiltration [14]. La conséquence est une faible croissance des gerbes repiquées ou des épis de riz vides au moment de la récolte. En raison de la fuite de plus en plus constatée de la main d'œuvre, la gestion collective des ouvrages est de moins en moins effectuée. Le manque de surveillance et d'entretien des digues de protection accroît la diffusion du sel au niveau des rizières inondées les rendant à la longue impropres à la culture (*Photo 1*). Beaucoup de parcelles rizicoles sont ainsi abandonnées (*Photo 2*), ce qui pèse sur la production et donc sur la sécurité alimentaire des ménages.

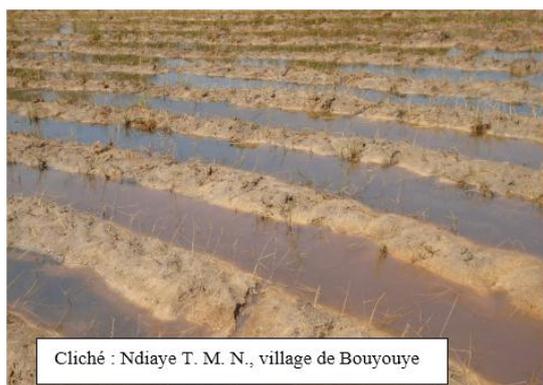


Photo 1 : Tentative avortée de culture du riz



Photo 2 : Rizières abandonnées

4. Discussion

La variabilité pluviométrique, une des manifestations du changement climatique constitue une grande menace pour les activités économiques en milieu rural. L'agriculture pratiquée encore de façon traditionnelle est déterminée par la répartition des précipitations. Les déficits hydriques importants notés durant certaines

années (1972, 1977, 1982, 1986, 1992, 2002 et 2007) montrent que malgré les influences pluviométriques soudanaises subies par la Basse Casamance, le risque de sécheresse n'est jamais écarté [15]. L'application du test de BUISHAND a permis d'observer une rupture dans la série chronologique de la station d'Oussouye en 1968. Les observations effectuées par [16] au test de PETTITT situent l'année de rupture pour la zone sud-soudanaise à 1967. Plusieurs ruptures ont été détectées en Afrique de l'Ouest et de l'Est entre 1960 et 1970 [17]. En tenant compte du nombre de jours pluvieux, il apparaît qu'il y a une tendance à la baisse mais surtout un raccourcissement de la durée de la saison pluvieuse et ce aussi bien en Casamance [18] qu'au Nord-Sénégal [19]. La modification du régime des précipitations amplifie les dynamiques de dégradation des terres rizicoles telles que la salinisation [20] entraîne l'abandon des parcelles rizicoles et menace de fait la sécurité alimentaire des populations [21, 22]. Cependant, plusieurs autres aspects contraignants remettent en cause la riziculture, peut-être plus que la variabilité pluviométrique. La migration de la main d'œuvre jeune sonne la fin de l'entretien des digues anti-sel et accentue les dynamiques de dégradation des parcelles rizicoles. Les jeunes ruraux sont de plus en plus convaincus que leur apport à la famille peut être plus efficace avec un travail en ville plutôt qu'un travail dans les rizières [23]. Mais la migration est devenue actuellement une stratégie d'adaptation centrale mise en œuvre pour assurer la gestion du risque vivrier dans les régions touchées par la dégradation de la pluviométrie et des conditions de vie plus généralement [24, 25]. Avec le système traditionnel de partage des terres entre les frères au moment du mariage, se pose un problème de dispersion et de morcellement extrême des parcelles rizicoles. Celles-ci induisent une perte de temps et une dépense d'énergie assez considérable dans le parcours d'une parcelle à l'autre en plus de rendre difficile l'épandage de fumier ou l'utilisation de la mécanisation. Les difficultés d'accès au foncier des femmes et des jeunes, la faible mécanisation, les problèmes phytosanitaires liés à la culture du riz, l'abandon des travaux d'entretien et de fertilisation du sol, la faiblesse des superficies mises en valeur constituent autant de facteurs explicatifs de l'insuffisance des productions rizicoles.

5. Conclusion

Le caractère pluvial de la riziculture renseigne sur une exposition plus prononcée aux risques liés à la variabilité pluviométrique. Des phases humides et des phases sèches sont observées aux stations d'Oussouye et de Ziguinchor. Mais la tendance générale est à une baisse des pluies et une réduction de la durée de la saison pluvieuse. La dégradation des conditions pluviométriques et les actions anthropiques se conjuguent pour expliquer l'affaiblissement des performances agricoles. Ces nombreuses contraintes à la production affectent les conditions de vie des populations et rendent incertain l'avenir de la riziculture inondée dans le département d'Oussouye.

Références

- [1] - DPEE (Direction de la Prévision des Etudes Economiques), « Estimation de la population du Sénégal de 2005 à 2015 », Rapport final, (2006)
- [2] - P. SAGNA, « Dynamique du climat et son évolution récente dans la partie Ouest de l'Afrique occidentale », Thèse d'État ès lettres, Université Cheikh Anta Diop (UCAD), (2005)
- [3] - L. DIEDHIOU, « Riz, symboles et développement chez les diolas de Basse Casamance », Ed. Les presses de l'Université Laval, Laval, (2001)
- [4] - J-M. ECOUTIN M. B. BARRY S. BOUJU E. CHARLES-DOMINIQUE, O. JOURNET, E. PENOT E. O. RÛE D. SQUARE et M. SOW, in « Rivières du Sud : Sociétés et mangroves ouest africaines », E. Les éditions de l'IRD (ex ORSTOM), Paris, (1999) 209 - 262

- [5] - M. LAGE, « Besoins en eau et gestion de l'irrigation de la culture du riz (*Oryza sativa* L.) au Maroc », Thèse de doctorat, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, (2004)
- [6] - Y. MARZOUK, in « *Savoirs paysans et développement* », Ed. Karthala/ORSTOM, Paris, (1991) 61 - 99
- [7] - G. L. DJOHY A. H. et G. S. NOUATIN, « Variation climatique et production vivrière : la culture du maïs dans le système agricole péri-urbain de la commune de Parakou au Nord-Benin. », *Afrique Science*, 11 (6) (2015) 183 - 194
- [8] - F. LEMAITRE, « Recensement des tests de détection de tendances ou de ruptures adaptés à l'analyse de stationnarité des régimes de crue en France », Rapport de fin d'étude ENTPE Cemagref., Lyon, (2002)
- [9] - S. A. SOW et D. GAYE, « Impacts des variations pluviométriques sur les écoulements de surface dans la vallée du Sénégal », *Revue de géographie de l'Université Ouaga I Pr Joseph KI-ZERBO*, 2 (5) (2016) 167 - 183
- [10] - J-B. NDONG, « L'évolution de la pluviométrie au Sénégal et les incidences de la sécheresse récente sur l'environnement », *Revue de géographie de Lyon*, 70 (3 - 4) (1995) 193 - 198
- [11] - M. LACHARME, « Le plan de riz. Données morphologiques et cycle de la plante », Memento technique de riziculture pour la vallée du fleuve Sénégal, fascicule, 2 (2001)
- [12] - T. ABRELL, « Etude du risque climatique en riz pluvial et de ses interactions avec les systèmes de culture dans la région du Lac Alaotra », Mémoire de fin d'études, Institut national supérieur des sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage, (2013)
- [13] - B. A. SY, « Dégradation des terres rizicoles et baisse des rendements dans la communauté rurale de Mlomp (Sénégal) », *Revue de géographie du laboratoire LEÏDI*, 7 (2009)
- [14] - S. D. DIENG, « Effets des pressions physiques et anthropiques sur la mangrove de la communauté rurale d'Oukout en Basse-Casamance », Mémoire de maîtrise, Université Gaston Berger de Saint-Louis, (2007)
- [15] - T. SANE, A. BENGA, O. SALL, « La Casamance face aux changements climatiques : enjeux et perspectives », Actes 23^{ème} colloque AIC, Rennes, (2001)
- [16] - A. BODIAN, « Caractérisation de la variabilité temporelle récente des précipitations annuelles au Sénégal (Afrique de l'Ouest) », *Physio-Géo*, 8 (2014) 297 - 312
- [17] - E. SERVAT, J-E PATUREL, H. LUBÈS-NIEL, B. KOUAMÉ, J. M. MASSON, M. TRAVAGLIO et B. MARIEU, « De différents aspects de la variabilité de la pluviométrie en Afrique de l'Ouest et Centrale », *Revue des Sciences de l'Eau*, 12 (2) (1999) 363 - 387
- [18] - T. SANE, M. DIOP, P. SAGNA, « Etude de la qualité de la saison pluvieuse en Haute-Casamance (Sénégal) », *Sécheresse*, 19 (1) (2008) 23 - 28
- [19] - D. GAYE, « Suivi de la pluviométrie au Nord-Sénégal de 1954 à 2013 : étude de cas des stations synoptiques de Matam, Podor et Saint-Louis », *Norois*, 244 (3) (2017) 63 - 73
- [20] - J-P. MONTOROI, « Mise en valeur des bas-fonds en Basse-Casamance (Sénégal) », *Agriculture et Développement*, 10 (1996) 61 - 73
- [21] - O. SY, T. SANE, « Changements climatiques et crise de la riziculture en Basse- Casamance (Sénégal) », XXI^{ème} colloque de l'Association Internationale de Climatologie, Montpellier, (2008)
- [22] - M. SENE, « Dégradation des rizières de bas-fonds dans un contexte de changement climatique en Basse-Casamance (Sénégal) », *Espace Géographique et Société Marocaine*, 20/21 (2018) 129 - 143
- [23] - E. DIOUF, « Ouvrages hydrauliques et modèles de gestion de l'eau dans le bassin du fleuve Casamance », Thèse de doctorat de géographie, Université Gaston Berger de Saint-Louis, (2013)
- [24] - D. ROQUET, « Partir pour mieux durer : la migration comme réponse à la sécheresse au Sénégal ? », *Espace populations sociétés*, 1 (2008) 37 - 53
- [25] - C. O. BA, J. BOURGOIN, D. DIOP, « Les migrations dans la dynamique rurale sénégalaise. La fluidité des mobilités internes en réponse aux contraintes locales. » Rome, FAO et CIRAD, (2018)