

IDENTIFICATION ET PRIORISATION DES STRATEGIES D'ADAPTATION DES SYSTEMES AGRICOLES FACE A LA VARIABILITE CLIMATIQUE EN HAUTE CASAMANCE (SENEGAL)

IDENTIFICATION AND PRIORISATION OF ADAPTATION OPTIONS OF AGRICULTURAL SYSTEMS FACING CLIMATE VARIABILITY IN UPPER CASAMANCE (SENEGAL)

I. MBALLO*, O. SY, B. SOLLY, M. THIOR

Laboratoire de Géomatique et d'Environnement (LGE), Département de Géographie, UFR Sciences et Technologies, Université Assane Seck de Ziguinchor, BP 523, Sénégal

*Corresponding Author E-mail: i.mballo841@zig.univ.sn

Received: December 24, 2019, Accepted: June 14, 2020, Online: December 27, 2020

RESUME

L'agriculture constitue l'activité principale de la plupart des populations rurales au Sénégal. En Haute Casamance, elle mobilise 79,8 % des ruraux durant l'hivernage et 20,2 % des populations en milieu urbain. Les produits agricoles sont par essence destinés à l'autoconsommation des populations locales. Cette activité est, cependant, soumise à une variation des conditions climatiques défavorables à son développement. La variabilité climatique se manifeste par des séquences sèches fréquentes, un raccourcissement et un arrêt précoce de la saison pluvieuse et un retard d'installation de l'hivernage.

Ces fluctuations ont entraîné une baisse des rendements agricoles au fil des années au point d'installer une insécurité alimentaire dans la

région. C'est dans cette optique que des stratégies de mitigation ont été trouvées par les acteurs du monde rural en haute Casamance afin de réduire les impacts de la dégradation climatique. Parmi celles-ci, on note les stratégies endogènes développées par les paysans, celles planifiées et alternatives. Cette étude contribue à l'identification des options prioritaires d'adaptation des systèmes agricoles face à la variabilité climatique en Haute Casamance. Elle s'est appuyée sur la collecte de données de terrain (prise de coordonnées GPS, entretiens et questionnaires), sur la spatialisation de l'information géographique et la définition de matrices des risques climatiques et de priorisation des options d'adaptation.

Cette démarche a permis d'identifier des dispositions nécessaires pour la planification et la

mise en œuvre de l'adaptation et la priorisation des options d'adaptation en Haute Casamance.

Mots clés : Variabilité climatique, options d'adaptation, systèmes agricoles, Haute Casamance, Sénégal.

SUMMARY

Agriculture is the main activity of most rural populations in Sénégal. In Upper Casamance, it accounts for 79,8 % of the rural population during wintering and 20,2 % of the urban population. Agricultural products are intended for the consumption of local populations. This activity is, however, subject to a variation in rainfall conditions that are very unfavorable to its development. This is manifested by frequent dry sequences, a shortening and early stopping of the rainy season and a delay in the installation of overwintering.

These fluctuations have led to a decline in agricultural yields over the years to the point of creating food insecurity in the region. Mitigation strategies have been found by the actors of the rural of Upper Casamance to reduce the impacts of climate peioration. Among these are the endogenous strategies developed by farmers, those planned and alternatives. This study relied on the collection of field data (GPS coordinates, interviews and questionnaires), on the spatialization of geographic information and the

definition of climate risk matrices and the prioritization of adaptation options.

This approach made it possible to identify the necessary provisions for the planning and implementation of adaptation and the prioritization of adaptation options in Upper Casamance.

Keywords: Climate variability, adaptations options, agricultural system, Upper Casamance, Senegal.

1. INTRODUCTION

Les agroécosystèmes de la Haute Casamance ont connu des dynamiques sociales et environnementales au cours des quatre dernières décennies. Ces dynamiques ont entraîné une baisse des rendements agricoles, et rendu plus complexe l'atteinte d'une autonomie alimentaire. Cette situation d'insécurité alimentaire relève des bouleversements écologiques notamment de la péjoration climatique (la sécheresse) accentuée par les actions anthropiques (Sané, 2003). Malgré ses potentialités physiques et humaines, la Haute Casamance est confrontée à des contraintes d'ordre climatique, pédologique, technique, organisationnel et socio-économique.

Globalement, en Casamance, la variabilité climatique (Dacosta, 1989) n'a fait qu'accélérer et intensifier la perturbation des processus pédogénétiques. Les recherches expérimentales

jusqu'à-là effectuées en milieu tropical révèlent que les répercussions des changements climatiques sur les rendements des cultures vont varier considérablement (Doukpolo, 2014).

Ces répercussions dépendent des espèces et des variétés cultivées, des caractéristiques des sols, de l'ampleur de l'action des ravageurs et des agents pathogènes, des effets directs du dioxyde de carbone (CO₂) sur les plantes, du stress hydrique, de la nutrition minérale, des réactions adaptatives.

En tant que problème mondial qui menace l'existence humaine dans différentes parties du monde (Farauta et al., 2012), le changement climatique est une importante question environnementale, sociale et économique qui menace la réalisation des objectifs de développement durable. De ce fait, de nombreuses études ont été menées à travers le monde pour trouver des moyens de réduire la menace de la variabilité climatique (Li et al., 2013 ; Azua et al., 2015 ; Binbol et al., 2015 ; Koudahe et al., 2017).

Les pesanteurs sociopolitiques et économiques à caractère endémique, associés aux mutations environnementales et stress hydro-thermiques, risquent d'impacter de façon durable les communautés agricoles de la Haute Casamance. Pour y faire face, plusieurs politiques ont été initiées par l'Etat du Sénégal pour booster les

productions agricoles et atténuer la vulnérabilité socio-économique en monde rural.

Parmi ces politiques, on peut citer les aménagements hydroagricoles, la mécanisation agricole et la subvention des intrants qui constituent les principales stratégies d'intensification de l'agriculture dans une perspective d'atteinte de l'autosuffisance alimentaire (Mballo et al., 2019). La relance de la production agricole constitue une préoccupation majeure de l'Etat sénégalais dans un contexte marqué par une crise alimentaire et une vulnérabilité socioéconomique et environnementale des ruraux (Sène, 2018).

Globalement, les stratégies sont, soient populaires endogènes développées par les producteurs locaux (pratiques et techniques agricoles, développement du maraichage), soient planifiées aux risques climatiques (option de variété à cycle court).

Cette étude a pour but d'identifier les stratégies développées par les acteurs du secteur agricole pour pallier la variabilité pluviométrique et de trouver avec les populations des stratégies alternatives plus durables. L'étude se propose aussi de prioriser les différentes actions alternatives en fonction des urgences définies à partir d'une matrice appelée : priorisation des options

d'adaptation.

2. MATERIEL ET METHODES

2.1. Zone d'étude

La Haute Casamance se situe au sud du Sénégal entre 12°20' et 13°40' de latitude nord et 13° et 16° de longitude ouest. Elle s'étend sur une superficie de 13 718 km², soit 7 % du territoire national. Elle est limitée au Nord par la République de Gambie, à l'Est par la région de Tambacounda, à l'Ouest par la

région de Sédhiou et au Sud par les deux guinées.

Sa position de région frontalière par rapport aux trois pays (Guinée, Guinée Bissau et Gambie), lui confère un potentiel géostratégique énorme dans les dynamiques économiques, sociales et culturelles de la sous-région. Le climat est de type sud-soudanien particulièrement sa variante continentale (Sagna, 2005). Les précipitations s'étalent de juin à octobre avec un maximum entre juillet et septembre.

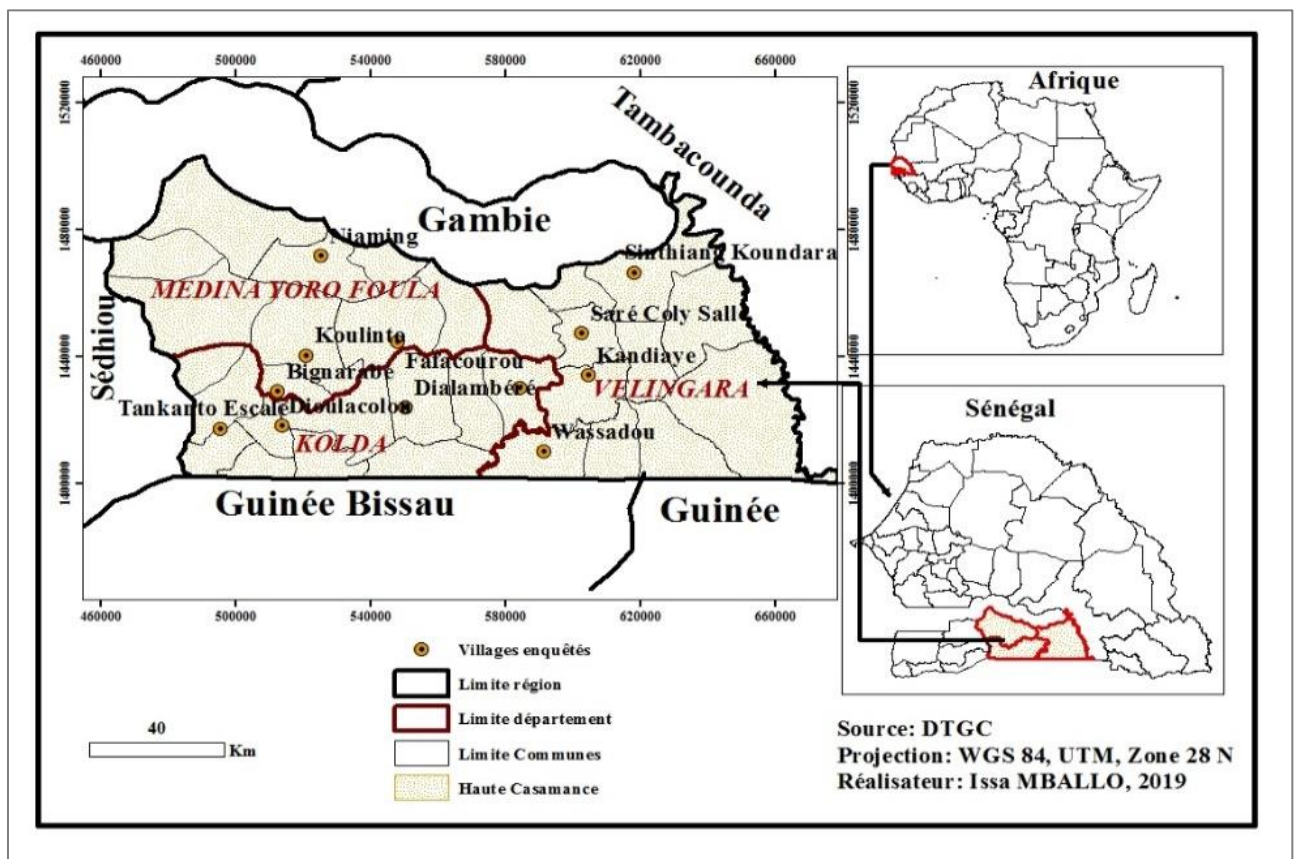


Fig. 1. Location de la zone d'étude.

Fig. 1. Study Area Rental.

2.2. Méthode de calcul de l'Indice standardisé des précipitations (ISP)

La compréhension qu'un déficit pluviométrique a un impact différent sur les eaux souterraines, le

stockage des réservoirs, l'humidité du sol et le flux d'écoulement ont conduit au développement de l'indice standardisé des précipitations (ISP) (McKee et al., 1993).

L'ISP est un indice simple qui est adopté en 2009 par l'Organisation Mondiale de la Météorologie (OMM) comme un instrument mondial pour mesurer les sécheresses météorologiques (Jouilil et al., 2013). Il est exprimé mathématiquement comme suit :

$$ISP = \frac{(P_i - P_m)}{S}$$

Avec P_i : la pluie du mois ou de l'année i ; P_m : la pluie moyenne de la série sur l'échelle temporelle considérée ; S : l'écart-type de la série sur l'échelle temporelle considérée. L'ISP à 12 mois (janvier-décembre) reflète les modèles de précipitations à long terme. Ces délais sont habituellement liés aux flux d'écoulement, au niveau des réservoirs et même au niveau des eaux souterraines à des échelles de temps plus longues.

2.3. Méthode de détection des ruptures pluviométriques

Les séries chronologiques homogénéisées avec les années lacunaires reconstituées ont été analysées à l'aide du logiciel Kronostat 1.01, en vue de détecter les ruptures liées à une non-stationnarité.

Plusieurs tests d'homogénéité ont été appliqués, mais celui de Pettitt (1979) a été retenu. Il est d'usage très répandu et est adapté à la détermination d'une rupture unique. Ce test, non paramétrique, est dérivé du test de Mann-Whitney (année). L'absence de rupture dans la série X_i de

taille N constitue l'hypothèse nulle.

La variation spatiale des précipitations a été analysée, dans la région d'étude à partir du fichier homogénéisé des précipitations annuelles moyennes sur 66 ans (de 1951 à 2016). Elles ont été spatialisées en utilisant la méthode d'interpolation « au plus proche voisin » qui consiste à affecter à tout nouveau point de mesure la valeur du signal bidimensionnel échantillonné au point de mesure originale le plus proche.

2.4. Méthode de collecte des données socioéconomiques

Les précédentes analyses ont été couplées avec des données collectées sur le terrain à l'aide d'un questionnaire et du guide d'entretien afin de recueillir les perceptions des populations sur les impacts de la variabilité climatique sur les productions agricoles en Haute Casamance. Au total, nous avons 441 chefs de ménages, répartis en 12 communes de la Haute Casamance.

3. RESULTATS

3.1. Analyse de la variabilité pluviométrique en Haute Casamance

3.1.1. Détection de rupture avec le test de Pettitt (1979)

Le cumul moyen annuel des 6 stations météorologiques a été calculé et le résultat est utilisé pour définir l'année de rupture à l'aide du logiciel kronostat1.01 (Fig.2). Au regard de la

courbe de la variable « u » du test de Pettitt, on constate une baisse des précipitations annuelles dans la région d'étude.

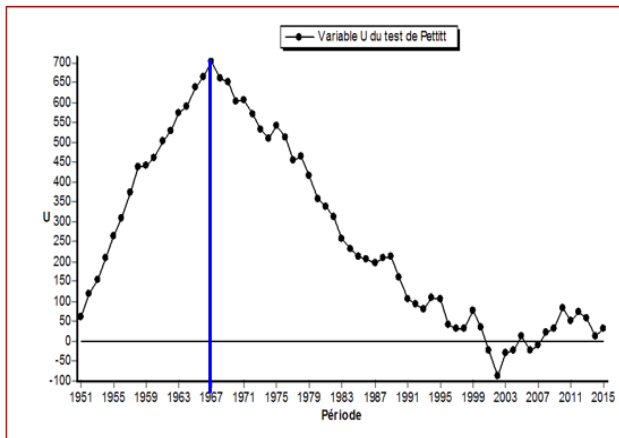


Fig. 2. Cumul moyen des précipitations de six stations pluviométriques en Haute Casamance.
Fig. 2. Average rainfall of six rainfall stations in Upper Casamance.

Dans le cadre de cette étude, la tendance du cumul pluviométrique moyen annuel des deux stations et des quatre postes pluviométriques considérées est significative au test de Buishand. Le seuil de signification est d'au moins 90 %. Quant au test de Pettitt (1979), l'absence de rupture a été rejetée au seuil de confiance d'au moins 90 % et la probabilité de dépassement de la valeur critique du test est notée en 1967 et constitue l'année de

rupture.

Une conclusion peut donc être établie à savoir la persistance de déficits pluviométriques en Haute Casamance à l'échelle annuelle en dépit d'une légère augmentation des précipitations constatée à la fin des années 1990 et le début des années 2000. Aux variations temporelles annuelles, s'ajoutent les variations spatiales des précipitations.

3.1.2. Indices standardisés des précipitations

Les précipitations de la Haute Casamance sont soumises à de fortes variations dues aux facteurs globaux et aux dynamismes régionaux et continentaux. A l'instar des mécanismes généraux qui régulent le climat tropical, le régime pluviométrique de cette région dépend en grande partie de la mousson dite de la zone de convergence intertropicale (ZCIT). La méthode des indices standardisés des précipitations a été appliquée et a permis de bien apprécier la variabilité pluviométrique dans la région d'étude (Fig.3).

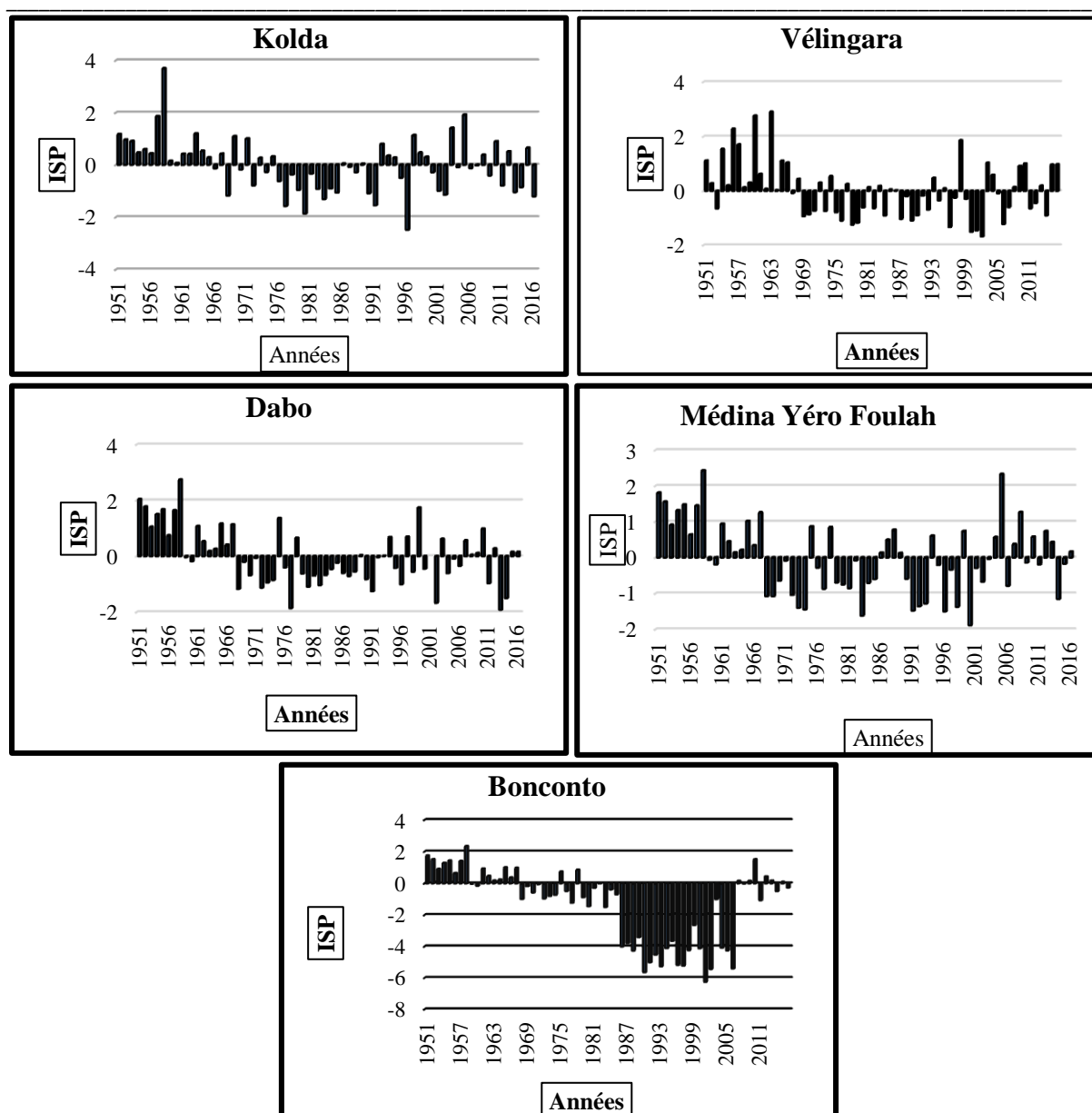


Fig. 3. Indices Standardisés des précipitations en Haute Casamance de 1951 à 2016.

Fig. 3. Standardized indices of rainfall in Upper Casamance from 1951 to 2016.

La figure 3 indique une tendance à la baisse de la pluviométrie de 1951 à 2016, malgré un retour timide notée au milieu des années 1990. La variabilité est spatiale et temporelle dans cette région. Dans les différentes stations, la sécheresse n'a commencé qu'à partir de la fin des années 1960.

L'année 1996 a été la plus déficitaire (-2,47 %) à

Kolda de 1951 à 2016. Les déficits maxima annuels sont de -1,67 % à Vélingara, de -1,91 % à Dabo, de -1,88 % à Médina Yéro Foulah, de -2,18 % à Bonconto. La station de Kolda et le poste pluviométrique de Bonconto présentent ainsi les déficits maxima les plus importants de l'ensemble des stations. Le calcul et la classification des séquences de sécheresse selon l'ISP ont donné le

tableau 1. Les fréquences obtenues montrent une dans la région.
répartition inégale des hauteurs pluviométriques

Tableau 1. Fréquences des occurrences de sécheresse des stations retenues de 1951 à 2016.

Table 1. Frequency of drought occurrences at selected stations from 1951 to 2016.

Séquences	Kolda	Vélingara	Dabo	Kounkané	MYF	Bonconto
Extrêmement humide	1,5	4,5	3,1	1,5	3,0	1,5
Sévèrement humide	3,0	4,5	6,2	3,0	3,0	3,0
Modérément humide	7,6	7,6	9,2	13,6	9,1	6,1
Légèrement humide	39,4	34,8	27,7	28,8	31,8	24,2
Légèrement sèche	31,8	33,3	38,5	40,9	33,3	27,3
Modérément sèche	10,6	12,1	10,8	7,6	15,2	6,1
Sévèrement sèche	4,5	3,0	4,6	3,0	4,5	1,5
Extrêmement sèche	1,5	0,0	0,0	1,5	0,0	30,3
Total	100	100	100	100	100	100

Les ISP utilisés pour l'évaluation du déficit pluviométrique de 1951 à 2016 montrent une importante fluctuation des périodes sèches et humides avec une forte tendance à la sécheresse, notamment sur la période 1971-2000. L'examen de ce tableau 1 montre que la station de Kolda a enregistré l'ensemble des catégories de sécheresse (légère avec 31,8 %, modérée avec 10,6 %, sévère avec 4,5 % et extrême avec 1,5 %).

Il en est de même pour les postes pluviométriques Kounkané (légère avec 40,9 %, modérée avec 7,6 %, sévère avec 3 % et extrême avec 1,5 %), et Bonconto (légère avec 27,3 %, modérée avec 6,1 %, sévère avec 1,5 % et extrême

avec 30,3 %). Par opposition, toutes les stations et les postes ont enregistré l'ensemble des séquences humides de 1951 à 2016 en Haute Casamance.

On note une humidité globalement légère, parce que la moyenne est de 31,1 %. La fréquence de l'humidité extrême est très faible, car elle est de 1,5 % à Kolda, à Bonconto et à Kounkané, de 4,5 % à Vélingara, de 3,1 % à Dabo, de 3 % à Médina Yéro Foulah (Tab.1).

On peut noter que la partie nord de la Haute-Casamance est moins arrosée en précipitations que la zone méridionale, car la pluviométrie est inférieure à 1000 mm pour la période 1951-2016. Ce résultat confirme les travaux de Sagna et Leroux

(2000) qui montrent une décroissance des pluies du Sud vers le Nord, plaçant l'extrême nord du département de Médina Yéro Foulah dans la zone nord soudanienne.

3.1.3. Cartographie du nombre de jours secs en hivernage H-C

Le nombre de jours secs en hivernage a été apprécié et représenté sur une carte. La méthode d'interpolation « kriging » a été appliquée avec le logiciel Arc Gis 10.2.2. Cet exercice a permis de voir la distribution spatiale des jours secs en hivernage dans la région d'étude (Fig.4).

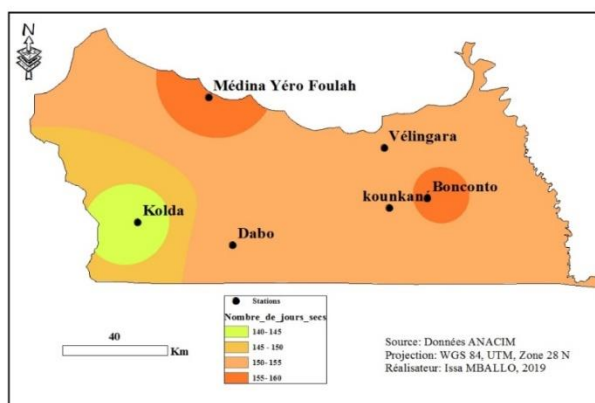


Fig. 4. Répartition spatiale du nombre de jours secs en Haute Casamance de 1987 à 2016.

Fig. 4. Spatial distribution of dry days in Upper Casamance from 1987 to 2016.

La figure 4 montre une répartition inégale des jours secs enregistrés en hivernage en Haute Casamance. Cette distribution varie entre 140 et 160 jours en moyenne pour la période 1985-2016. D'un point de vue spatial, le nombre de jours secs est plus important sur la partie Nord (Médina Yoro Foulah) de la région. Les stations de Vélingara et les postes de Kounkané et de Dabo ont enregistré une

moyenne comprise entre 150 et 155 jours secs à la même période considérée. Les séquences sèches en hivernage présentent des risques aux cultures à cycle long et moyen et perturbent leurs étapes de développement.

3.1.4. Cartographie du nombre de jours humides en hivernage en Haute Casamance

Le nombre de jours de pluie a permis de faire une analyse de la variabilité pluviométrique journalière dans la région d'étude. Il varie en moyenne entre 73 jours au sud de la Haute Casamance et 58 jours au nord (Vélingara) pour la série chronologique 1985-2016 (Fig.5).

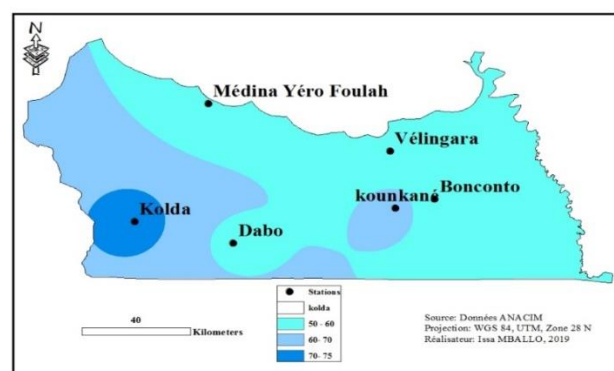


Fig. 5. Répartition spatiale du nombre de jours de pluie en Haute Casamance de 1987 à 2016.

Fig. 5. Spatial distribution of the number of rainy days in Upper Casamance from 1987 to 2016.

L'examen de la figure 5 montre une variation spatiale du nombre de jours de pluie dans la région. Il est compris entre 70-75 à Kolda, et entre 50-60 à Vélingara et à Médina Yéro Foulah, soit une moyenne de 61 jours de pluie pour l'ensemble des six stations.

Cette information est très importante, car elle

permet de définir le calendrier cultural mais aussi de choisir les variétés (cycle long, moyen ou court) à cultiver dans la région.

La définition du nombre de jours secs est d'autant plus importante que celle du nombre de jours de pluie en ce sens que la continuité des séquences sèche peut perturber l'évolution des cultures et par conséquent réduire les rendements agricoles.

3.2. Analyse de la variabilité des températures

Du fait de sa position géographique comprise entre les latitudes 12°30' et 16°30' N, le Sénégal se situe pour sa quasi-totalité dans la zone

intertropicale. Ce qui le place dans un domaine climatique où les températures sont généralement excédentaires (Oldani., 2007). Le pays est divisé en deux parties selon les perturbations climatiques : le littoral dont les perturbations sont provoquées à la fois par l'alizé maritime issue de l'anticyclone des Açores et la mousson (saison des pluies) et la partie continentale où se manifeste l'harmattan (saison sèche) ou encore de la mousson (saison des pluies). La figure 6 représente les anomalies standardisées des températures dans les stations de Kolda et de Vélingara.

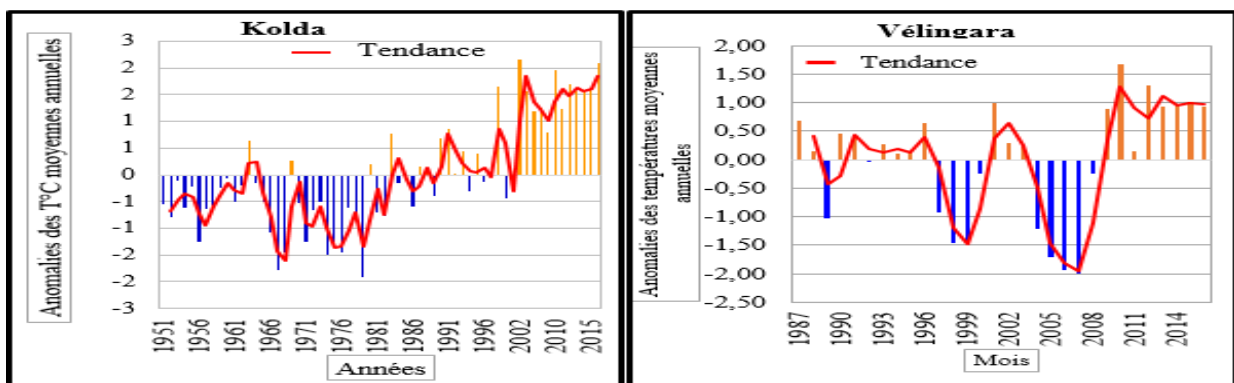


Fig. 6. Anomalies et tendances des températures moyennes de l'air dans la région d'étude.

Fig. 6. Anomalies and trends in average air temperatures in the study area.

L'examen de la figure 6 montre une évolution tendancielle des températures moyennes annuelles dans les deux stations. Cette situation est plus remarquable à la station de Kolda où deux périodes sont distinguées : 1951-1989 et 1990-2016. La première période (1951-1989) montre des températures globalement basses dont les indices sont compris entre -0,07°C et -1,90°C. La moyenne

est de -0,56°C durant cette période. La deuxième période (1990-2016) montre, elle, des températures moyennes annuelles élevées, donc supérieures à la moyenne de la série. Les indices sont compris entre 0,02°C et 2,15°C. La moyenne est de 0,89°C, donc positive.

La lecture de l'évolution des températures

moyennes annuelles à Vélingara, donne un schéma un peu différent. Faudrait-il souligner que pour cette station, la série (1987-2016) est moins longue. Trois périodes sont définies pour l'analyse de celle-ci : 1987-1996 ; 1997-2008 et 2009-2016. La première (1987-1996) présente des températures moyennes globalement à la hausse, car la moyenne est de 0,18°C. Les valeurs moyennes des températures pour cette période sont comprises entre 0,16°C et 0,68°C. La deuxième période (1997-2008) montre une alternance entre températures basses et élevées de 2001 à 2003. C'est la période qui enregistre les températures moyennes annuelles les plus basses de toute la série chronologique considérée, car elles ont atteint le seuil de -2°C. La troisième étape montre une tendance à la hausse des températures moyennes annuelles, car la moyenne est de 0,98°C. Il convient ainsi de noter que les températures les plus fortes ont été enregistrées durant cette dernière décennie à la station de Vélingara. Cette situation de variabilité climatique observée en Haute Casamance, peut influencer de diverses manières sur l'agriculture. Au-delà de certains seuils de température, les rendements agricoles peuvent diminuer, car l'accélération du processus de croissance s'accompagne d'une moindre production de grains. De plus, l'augmentation de la température modifie la capacité des plantes à

retenir et utiliser l'humidité

3.3. Evaluation des facteurs de vulnérabilité de l'agriculture en Haute Casamance

Les facteurs de vulnérabilité de l'agriculture en Haute Casamance ont été appréciés sur la base d'enquêtes et d'entretiens. Des matrices d'impacts sont élaborées pour mieux cerner le degré d'implication des indicateurs identifiés au départ sur la variation des productions agricoles. Par matrice, on entend un tableau croisé entre différents indicateurs qui permet d'apprécier leur interdépendance et leur niveau de corrélation.

3.3.1. Matrice des impacts des risques climatiques sur les variables

Les risques climatiques majeurs en Haute Casamance sont perceptibles comme indiqué précédemment, par un raccourcissement de la saison pluvieuse, un arrêt précoce de la pluie, et une fréquence de périodes sèches en plein hivernage, entre autres. Eu égard aux indications du GIEC, les probabilités d'occurrence de ces risques sont : "Extrêmement probable" pour l'augmentation de la température, "très probable" pour le démarrage tardif de la saison et le raccourcissement de la saison et "probable" pour la sécheresse. Les impacts des risques sur les variables sont déterminés à partir d'une synthèse des différentes perceptions des paysans interrogés.

De l'avis de la plupart des producteurs rencontrés, les problématiques de disponibilité de

l'eau, de baisse des rendements, de baisse de l'humidité du sol, et de la réduction de la végétation sont essentiellement liées au démarrage tardif des pluies et au raccourcissement des saisons (Tabl.3). La fréquence de journées de plus en plus chaudes, traduisant une hausse des températures, est perçue par 75 % des personnes interrogées. Cette augmentation a entraîné une baisse de l'humidité de la partie superficielle du

sol, un accroissement du stress hydrique des plantes en général et celui des cultures en particulier et une baisse des rendements. La fréquence d'épisodes secs contribue également à la réduction de la disponibilité de l'eau, à la baisse des rendements, à la dégradation du sol et à la réduction de la couverture végétale. Le tableau suivant résume bien ces impacts précités (Tab.3).

Tableau 3. Impacts des risques climatiques sur les variables.

Table 3. Impacts of climate risks on variables.

Risques climatiques	Disponibilité en eau	Sol	Végétation	Cultures
Hausse de la température	Réduction de la disponibilité en eau.	Diminution de l'humidité des couches superficielles du sol et baisse de la quantité d'eau dans le sol disponible pour les plantes.	Stress hydrique et thermique accru des plantes, hausse de l'évapotranspiration	Augmentation des besoins en eau, stress hydrique et thermique accru, baisse des rendements
Démarrage tardif de la saison des pluies	Disponibilité en eau probablement réduite	Probable baisse accrue de l'humidité du sol	Probable déduction de couverture végétale	Baisse des rendements
Raccourcissement de la saison des pluies	Diminution de la disponibilité en eau	Baisse accrue de l'humidité du sol	Réduction de la Couverture végétale	Baisse des rendements
Sécheresse	Disponibilité en eau réduite et besoin en eau en hausse	Diminution de l'humidité du sol nécessaire à la croissance de plantes et augmentation de la dégradation des terres	Stress hydrique des plantes accru, accroissement des feux de brousse et diminution du couvert végétal	Baisse sévère des rendements

La combinaison des informations collectées auprès des populations et celles issues des entretiens avec des personnes ressources a permis

de mesurer l'impact des risques climatiques dans la région d'étude (Tabl.4). Globalement, ces risques sont liés à la hausse de la température, au

démarrage tardif et à l'arrêt précoce de la pluie et à la sécheresse climatique observée à partir des années 1970. Ces derniers ont des impacts directs ou indirects sur la disponibilité en eau, sur le sol, sur la végétation et sur les cultures pluviales et irriguées.

Tableau 4. Conséquences de l'apparition des risques.

Table 4. Consequences of the Occurrence of Risks.

Risques climatiques	Disponibilité en eau	Sol	Végétation	Cultures
Hausse de la température	Majeure	Majeure	Majeure	Majeure
Démarrage tardif et arrêt précoce de la saison des pluies	Majeure	Mineur	Modérée	Majeure
Raccourcissement de la saison des pluies	Majeure	Mineur	Modérée	Majeure
Sécheresse	Sévère	Majeure	Majeure	Sévère

Les risques climatiques liés à la hausse des températures, au démarrage tardif et à l'arrêt précoce de la saison des pluies et au raccourcissement de la saison des pluies sont majeurs pour les cultures sous pluie et pour la disponibilité en eau du sol. Ainsi, la sécheresse présente un risque climatique sévère pour la disponibilité en eau du sol et pour les cultures pluviales.

3.3.2. Pluralité des risques et persistance de la pauvreté en Haute Casamance

La pluralité des risques augmente la vulnérabilité des populations locales. La précarité du monde rural pose la question de la justice sociale au Sénégal. Les facteurs de vulnérabilité les plus prégnants sont liés à la faiblesse des revenus agricoles très limités en termes de couverture sociale, la problématique de la commercialisation des produits agricoles récoltés, l'accès aux intrants agricoles et la pénibilité des travaux champêtres

qui malgré tout, obéissent aux aléas. Dans ces conditions, presque tous les enfants déscolarisés vont dans les grandes villes du pays pour apprendre un métier.

L'autre aspect concerne la saturation foncière qui est à l'origine de la micro-parcellisation. Celle-ci est observée quand la famille éclate au fil des années ; car chaque enfant issu de la famille a droit à un morceau du patrimoine foncier. Cet émiettement des champs jadis vastes réduit la possibilité d'être autosuffisant parce que les récoltes y sont généralement maigres et n'arrivent pas à couvrir la saison morte. La considération que les producteurs ont de l'agriculture, comme unique moyen d'obtenir des revenus, est un facteur limitant. Cette idéologie est sociale et culturelle ; parce qu'elle est à la fois un legs des ancêtres mais aussi un mode de vie campagnard. Par conséquent, toute idée novatrice devient étrangère dans ces sociétés

même s'il faut noter que de plus en plus émergent des élites locales qui ont été en ville, instruites et inspirées par la mondialisation et la modernité. Le retour des élites dans les campagnes a été un axe sinon un vœu de taille pour l'acte III de décentralisation au Sénégal. Selon les experts promoteurs à l'image de Ismaëla Madior Fall, la notion de « Maire » paraît être plus valeureux et plus somptueux que l'ancienne appellation de l' élu local en charge des destinés de sa communauté rurale à savoir « président du conseil rural ». C'est ainsi que pour réduire les disparités en termes de statut administratif et pour créer des espaces dynamiques et porteurs de développement, les communautés rurales sont érigées en Communes.

Cependant, malgré cette manipulation territoriale, les campagnes se caractérisent par leur pauvreté, leur vulnérabilité socio-économique avec des revenus précaires, la prévalence de maladies, une capacité d'adaptation face aux aléas très réduite, entre autres. Tous ces paramètres expliquent en partie l'irrégularité et la faiblesse des productions agricoles malgré les efforts de mécanisation de l'agriculture.

3.3.3. Vulnérabilité agricole aux changements pédoclimatiques et politiques

Les incertitudes climatiques associées à la précarité des producteurs ont eu des influences sur la dynamique des systèmes agraires. Il est apparu des pratiques visant à soutenir ou maintenir les

systèmes de production dans les domaines de l'environnement, de l'organisation et de la gestion communautaire des ressources agricoles. Plusieurs considérations augurent des pressions additives sur les agro-écosystèmes qui constituent des facteurs complémentaires de vulnérabilité des productions agricoles en Haute Casamance :

- la hausse des températures a entraîné l'augmentation du stress hydrique, puis en combinaison avec la réduction de la durée de la saison de croissance culturale, a induit la baisse de productions ;
- la récurrence d'épisodes secs et le raccourcissement de la saison perturbent le développement des plantes.

La variabilité climatique présente donc des impacts sur les productions agricoles, la disponibilité en eau ou la fertilité organique des sols.

Bien qu'il n'existe pas une approche, un cadre ou une voie unique qui permette d'atteindre une telle intégration, quelques facteurs importants pouvant y contribuer ont toutefois été identifiés par les agriculteurs. Parmi ceux-ci, la réduction de la vulnérabilité, le transfert et le partage des risques, l'intervention et le redressement appropriés sont les plus cités. La flexibilité des systèmes d'exploitation agricole aux changements et à la variabilité climatique dépend de la fertilité des sols.

Malheureusement, beaucoup d'agriculteurs dans la région d'étude ne disposent pas assez de moyens financiers, de technologies et de temps nécessaires pour entretenir leurs terres comme ils le souhaitent. Or, les sols pauvres ou épuisés ont une capacité de production faible, avec comme corollaire, une aggravation de la pauvreté. Toutefois, il faut noter que des efforts sont consentis par l'Etat et les partenaires au développement pour une meilleure organisation du secteur mais également pour une réduction de la pauvreté dans cette région. Les effets des changements notés dans les systèmes agricoles ont entraîné une baisse des productions agricoles en Haute Casamance.

Ainsi, l'approche appropriée pour concilier les impératifs de réduction de la pauvreté et de la réduction de la vulnérabilité aux effets adverses des changements observés est d'intégrer dans les politiques sectorielles, les stratégies et actions de développement et les mesures préventives de gestion des risques, ceux climatiques en particulier.

Il s'agit en pratique d'ajuster les politiques sectorielles, les stratégies et les actions de développement en vue de prendre en compte les risques. La prise en compte des risques liés aux changements pédoclimatiques et socio-économiques, nécessite de rendre disponibles pour

les décideurs politiques, les planificateurs et autres acteurs de développement des outils, des méthodes et des connaissances spécifiques.

3.4. Stratégies d'adaptation endogènes développées par les paysans

Dans la zone d'étude, la baisse des précipitations s'est accompagnée d'une translation des isohyètes du Nord au Sud. Cela atténue les chances de réussite des cultures sous-pluie à cycle végétatif long, donc les plantes les plus productives généralement en termes de rendement, de production et probablement de revenus. C'est pourquoi les variétés à cycle végétatif long sont remplacées par celles à cycle court. Devant une vulnérabilité socio-économique et environnementale en persistance, durant un demi-siècle, et malgré la diversité des politiques agricoles étatiques, les populations ainsi que les autres maillons de la chaîne de valeur agricole sont tentés de trouver des moyens stratégiques de subsistance.

Ces stratégies sont mobilisées à différentes échelles d'intervention. De l'Etat, échelle nationale, au niveau d'intervention le plus bas, des actions de réduction de la vulnérabilité sont entreprises. Au niveau étatique, on peut noter une superposition de politiques et programmes agricoles dont la seule finalité est d'atteindre une autosuffisance alimentaire nationale. A côté de l'Etat, aussi bien

les populations que les acteurs au niveau local ont développé des stratégies de survie et de subsistance. Parmi celles-ci, les pratiques paysannes et les stratégies planifiées sont les plus développées. Les stratégies varient en fonction du mode et surtout du niveau de vie des populations de la région. Globalement, on distingue des stratégies telles que les techniques culturales, l'association de culture et le développement du maraîchage.

3.4.1. Techniques culturales : jachère, rotation et assolement des cultures

Dans la région d'étude, des techniques culturales ont été adoptées pour améliorer les productions agricoles. Parmi celles-ci, il y'a la jachère qui consiste à laisser les champs au repos pendant une période d'au moins deux années et la rotation des cultures de plateau. (Fig.7).

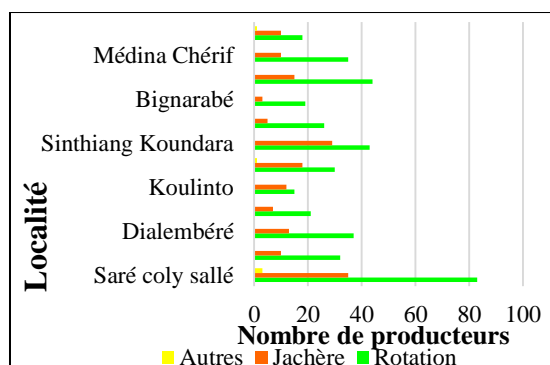


Fig. 7. Techniques culturales développées pour accroître les rendements agricoles en Haute Casamance.

Fig. 7. Cultivation techniques developed to increase agricultural yields in Upper Casamance.

La rotation constitue la pratique culturale la plus utilisée par les producteurs de la Haute Casamance

pour améliorer les rendements agricoles des terres de culture. A défaut d'avoir des parcelles en jachère du fait d'un morcellement continu des champs en fonction du croît démographique, la plupart des producteurs (91 %), effectuent une rotation des cultures de plateau. Cela est lié à la pression qui s'exerce sur le foncier. Dans certaines zones, cette pression est le résultat du rapport de force entre le front urbain et celui rural entraînant une recomposition des espaces jadis agricoles. La situation s'empire avec l'érection des communautés rurales en communes à la suite de la réforme de 2013 à savoir l'Acte 3 de la décentralisation. Nos enquêtes ont révélé que seulement 38 % des producteurs interrogés pratiquent la jachère. La pratique de l'assolement est un point positif pour la maîtrise phytosanitaire. Pour les mêmes raisons, il faut s'attendre à une plus grande vigueur des adventices, qui seraient mieux contrôlées par l'utilisation de systèmes de cultures associées ou de cultures sous couvert.

3.4.2. Association de cultures

Cette stratégie constitue une pratique très répandue en Afrique subsaharienne (Doukpolo, 2014a). Ses bénéfices, trop longtemps méconnus, sont nombreux. Concernant l'alimentation en eau des cultures, elle permet d'atténuer l'effet d'un stress hydrique en cours de cycle grâce aux possibilités de compensation entre les espèces

associées sur la même parcelle. En assurant une couverture du sol plus rapide et plus complète, elle augmente à la fois la productivité de la terre (biomasse) et celle du travail (Doukpolo, 2014b).

Du point de vue économique, cette stratégie est pertinente. Elle permet aux populations de subvenir à d'autres besoins tels que vestimentaires. A cela s'ajoutent l'achat de moyens de transport, la construction en dur ou mixte, la scolarisation des enfants, les soins médicaux, etc. La figure 8 montre que le riz (45 %) est la principale source de revenu des producteurs du bassin, suivi respectivement du mil (18 %), du coton (15 %), du maïs (13 %) et de l'arachide (9 %).

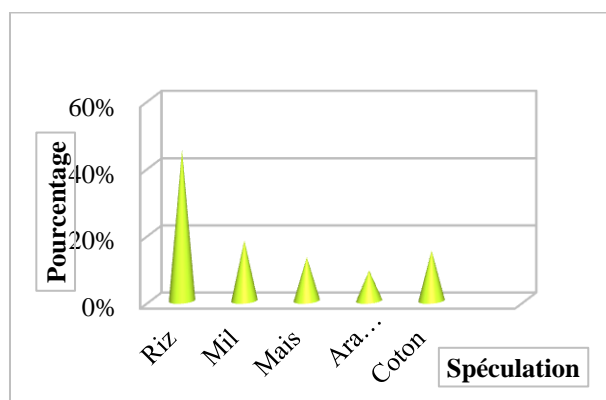


Fig. 8. Répartition des revenus agricoles par spéculation (bassin de l'Anambé).

Fig. 8. Distribution of agricultural income by speculation (Anambé basin).

Cette association de culture constitue un véritable moyen de subsistance des populations du bassin. Si l'accentuation des risques climatiques réduit la gamme des cultures, en revanche pour celles qui subsistent et en particulier pour le mil et

le sorgho, les agriculteurs disposent en général de plusieurs variétés de la même espèce.

Cette diversité, qui inclut des variétés photopériodiques, leur permet de s'adapter à la variabilité des pluies et à la diversité des terrains de culture. Les agriculteurs ont également généré des innovations visant à renforcer ou restaurer la capacité de production des terres et réduire ainsi les effets des aléas pluviométriques.

3.4.3. Développement du maraîchage

Dans la plupart des communes de la Haute Casamance, le maraîchage constitue une activité qui était réservée aux femmes. Elles le faisaient tout juste derrière leurs cases. Depuis quelques années, l'activité a pris une certaine ampleur dans les villages, surtout ceux polarisés par les aménagements hydroagricoles du fait de sa rentabilité économique et financière mais surtout de l'existence de conditions favorables à sa promotion. De nos jours, elle est pratiquée par les jeunes et les femmes.

Dans le bassin de l'Anambé par exemple, au moment de la mise en place des aménagements hydroagricoles, des zones ont été excavées (zones d'emprunt) pour obtenir certains matériaux de construction des périmètres irrigués (Sow, 2013). Aujourd'hui, les populations autochtones et allochtones développent de la production

maraîchère tout autour de celles-ci pendant une bonne partie de l'année (photo 1).

L'existence de marchés hebdomadaires tels que Diaobé, Saré Yoba, Témento, Saré Sandiong, facilite l'écoulement de la production qui est très sollicitée par les pays de la sous-région (Guinée et Guinée Bissau) et la population locale.

D'ailleurs, le fait que la plupart des spéculations utilisées dans le cadre du maraîchage soient des cultures pérennes (possibilité de faire plusieurs récoltes pour la même spéculation) est l'un des facteurs de motivation des producteurs à s'investir pleinement dans cette activité. Nos entretiens ont révélé que les paysans ont montré, à plusieurs reprises, que les revenus tirés du maraîchage (photo 1) servent à financer une partie des travaux rizicoles notamment les prestations de labour et l'achat des semences.



Photo 1. Parcelle de maraîchage à Saré Coly Sallé (gauche) et Pépinière de tomate (droite) à (Soutouré, commune Diaobé-Cabendou).

Photo 1. Maraîchage plot in Sare Coly Salle (left) and Tomato Nursery (right) in Soutoure (commune Diaobe-Cabendou).

Le développement du maraîchage est à la fois une clé stratégique de réduction de l'insécurité

alimentaire des populations de la région et un moyen d'accroître les revenus financiers des producteurs grâce à la possibilité d'écoulement des produits dans les marchés urbains et hebdomadaires de la Haute Casamance. Les centres urbains de Kolda, de Vélingara et les marchés hebdomadaires de Diaobé-Cabendou, de Saré Yoba Diéga et de Médina Yoro Foulah sont les principaux points de vente des produits maraichers. Les revenus issus de cette vente sont utilisés pour la satisfaction des besoins primaires tels que l'achat de nourriture alimentaire, la scolarisation, le paiement des soins médicaux.

3.5. Stratégies planifiées aux risques climatiques

Face à la vulnérabilité climatique en Haute Casamance, les producteurs ont développé des stratégies parmi lesquelles l'adoption de variétés à cycle court pour pallier le raccourcissement de la saison, l'amendement des parcelles agricoles, la création de greniers pour stocker et conserver les produits récoltés.

3.5.1. Option de variétés à cycle court et réduction de l'usage excessif de certaines variétés

Dans un contexte de variabilité climatique en Haute Casamance, le choix et le développement de semences à cycle court restent un facteur déterminant. Pour faire face aux effets néfastes du changement climatique, la majorité (58 %) des producteurs interrogés ont adopté de nouvelles variétés à cycle court ou moyen. Ils sont pour la

plupart dans le bassin de l'Anambé où les producteurs bénéficient de l'appui technique de la SODAGRI. Il s'agit généralement des cultures céréalières telles que le riz, le mil, le sorgho et le maïs et les cultures industrielles, en particulier l'arachide. L'accès aux semences à cycle court est limité dans certaines communes telles que Fafacourou, Koulinto et Niaming. Au Sénégal, un catalogue de variétés agricoles a été mis en place dont l'objectif est de servir de référence durant le processus de certification de variétés, où le contrôleur de semences vérifie :

- la qualité des épurations et ;
- la conformité des caractéristiques variétales de la multiplication de semences (plantes et graines).

Il faut que les acteurs du secteur agricole de cette région, travaillent à augmenter les quantités de semences de variétés à cycle court et moyen et ainsi assurer leur distribution équitable. La plupart des producteurs de la région ont l'habitude de garder une partie de leurs récoltes qui sera utilisée comme semence l'année qui suit. Après une longue pratique d'une telle stratégie, la graine finit par perdre sa productivité.

3.5.2. Stockage de récolte

La mise en place de banques (greniers) des produits agricoles permet de conserver les semences et les vivres (photo 2). Cette pratique a

été longtemps une stratégie de base pour tamponner les effets des risques climatiques. Il s'avère que les paysans de la Haute Casamance sont loin d'être passifs face aux variations pluviométriques.

Les producteurs de la région sont très ingénieux en matière de construction de greniers pour le stockage des récoltes (photo 2). Ils ont toujours su développer des stratégies en fonction des besoins ou préoccupation du moment. La case en forme de cube a été développée pour la conservation des produits arachidières, cette pratique permet d'éviter l'attaque des termites sur la graine. On peut par ailleurs trouver, par endroit, d'autres formes de stockage. C'est le cas dans la commune de Dioulacolon, où certains producteurs conservent les graines de maïs ou de mil dans des bouteilles. A côté de cette forme traditionnelle de conservation des produits agricoles, il existe des magasins de stockage dans les différentes communes de la région. Ces magasins sont à la fois des points de distribution de semences et de stockage de récolte.



Photo 2. Case en forme de cube (Saré Coly Sallé) et Grenier à (Wassadou).

Photo 2. Cube-shaped case in Sare Coly Salle and Grenier in Wassadou

Cependant, la monétarisation des échanges a fortement affaibli ces stratégies et fragilisé les communautés villageoises. La prise en compte de leurs pratiques et stratégies d'adaptation peut être extrêmement utile pour définir des problématiques de recherche pertinentes pour lutter contre ces aléas et faire en sorte que les stratégies des opérateurs de développement soient plus en cohérence avec celles des agriculteurs.

3.5.3. Priorisation des options d'adaptation

Les options d'adaptation identifiées précédemment ont été priorisées sur la base des scores obtenus. Pour chaque option, un chiffre variant entre 1 et 3 a été affecté en fonction de la pénibilité de sa mise en œuvre (Tab.5). Des

indicateurs tels que le coût, la facilité de mise en œuvre, l'efficacité, la durée et l'acceptabilité ont été croisés aux options d'adaptation.

Le tableau 5, inspiré de Mballo (2016), montre que l'utilisation des variétés précoces résistantes à la sécheresse, l'agroforesterie, l'amélioration des techniques culturales et le développement de l'irrigation sont les premières options d'adaptation prioritaires en Haute Casamance. Les paramètres tels que l'utilisation de variétés précoces et l'amélioration de l'efficacité de l'utilisation de l'eau arrivent en deuxième position et méritent également une attention particulière dans la planification des activités et la définition des politiques agricoles dans la région.

Tableau 5. Priorisation des options d'adaptation identifiées en Haute Casamance.

Table 5. Prioritisation of adaptation options identified in Upper Casamance.

Options d'adaptation	Coût	Facilité de mise en œuvre	Efficacité	Durée	Acceptabilité	Total	Rang
Amélioration des techniques culturales	2	2	3	3	3	13	1
Techniques de conservation de l'eau	1	3	2	2	3	11	3
Améliorer l'efficacité de l'utilisation de l'eau	3	2	2	3	2	12	2
Techniques de conservation de l'humidité du sol	3	2	2	2	2	11	3
Agroforesterie	2	3	3	2	3	13	1
Sensibilisation contre les feux de brousse	2	2	1	2	2	9	4
Reboisement	2	3	2	2	2	11	3
Utilisation des variétés précoces et résistantes à la chaleur	2	3	2	2	3	12	2
Exploitation des bas-fonds	2	2	2	2	3	11	3

Adaptation des calendriers culturaux	2	3	2	2	2	11	3
Développement des Techniques d'irrigation	2	3	3	2	3	13	1
Utilisation des variétés précoces et résistantes à la sécheresse	2	3	3	2	3	13	1

Légende : 1 = élevé ; 2 = moyen ; 3 = Faible.

4. DISCUSSION

Le climat constitue un facteur qui régit la production agricole et sa variabilité interannuelle conditionne les systèmes socioéconomiques et environnementaux liés à la disponibilité des ressources en eau (Djamanb et al., 2016, Faye, 2017). Les pluies représentent l'élément climatique fondamental qui conditionne les différentes activités agricoles, car les fluctuations climatiques entraînent une modification des systèmes culturaux, engendrent un déficit de la balance commerciale, ébranlent le système économique et tout le tissu social (Djohy et al, 2015). Par conséquent, le secteur agricole se trouve confronté à des baisses de rendements de plus en plus remarquables du fait des pratiques culturelles utilisées (GIEC, 2007). La pluviométrie de la Haute Casamance a connu une variabilité très marquée à partir des années 1970. L'absence de rupture, du test de Pettitt ; a été rejetée au seuil de confiance d'au moins 90 % et la probabilité de dépassement de la valeur critique du test est noté en 1967 et constitue l'année de rupture.

L'analyse des indices standardisés montre que toutes les tendances observées sont à la baisse dans l'ensemble des stations de la Haute Casamance. Le plus important déficit à Kolda est de -2,47 % et a été noté en 1996. Les déficits maxima annuels sont de -1,67 % à Vélingara, de -1,91 % à Dabo, de -1,88 % à Médina Yéro Foulah, de -2,18 % à Bonconto. Le nombre de jours de pluie varie en moyenne entre 73 jours dans la partie sud de la région et 58 jours au nord (Vélingara) pour la série chronologique 1985-2016. Cette variation de la pluviométrie a entraîné une baisse des rendements agricoles et par conséquent a augmenté la vulnérabilité des populations locales. La variabilité climatique se manifeste par un raccourcissement de la saison pluvieuse, par un arrêt précoce de la pluie, par une fréquence de périodes sèches en plein hivernage, entre autres. Ces résultats corroborent ceux de Sané (2003) sur la dégradation des écosystèmes de la Haute Casamance liée à la variabilité des conditions climatiques. D'autres études, à l'échelle nationale, ont révélé un déficit pluviométrique depuis 1970 qui représente une

menace sérieuse pour l'agriculture pluviale qui est principalement pratiquée au Sénégal (Faye et al., 2017). Des stratégies ont été développées pour pallier cette détérioration climatique. Il s'agit principalement des pratiques culturales telles que l'association des cultures et la rotation culturale. A côté, il y'a le développement du maraichage dans plusieurs communes de la Haute Casamance, et l'utilisation de nouvelles variétés à cycle court.

Actuellement, malgré cette batterie de stratégies, les populations locales sont vulnérables socialement et économiquement, car il faut rappeler que l'agriculture constitue la principale activité dans la région. L'extension du projet d'aménagement hydroagricole peut être un début de solution stratégique pour augmenter les productions agricoles. Il urge également de réfléchir sur des pratiques (techniques culturales, intrants, encadrement) plus souples et efficaces pour la relance des activités agricoles dans la région. Le calendrier cultural doit prendre en compte le décalage de l'hivernage, la récurrence des épisodes secs et le raccourcissement de la saison des pluies (Mballo, 2016). Les producteurs doivent donc être consultés et assistés sur de nouvelles adaptations face aux caprices du climat afin de réduire leur vulnérabilité alimentaire. Les indicateurs tels que l'utilisation des variétés précoces résistantes à la sécheresse,

l'agroforesterie, l'amélioration des techniques culturales et le développement de l'irrigation sont identifiés comme étant les premières options d'adaptation prioritaires en Haute Casamance. Les paramètres tels que l'utilisation de variétés précoces et l'amélioration de l'efficacité de l'utilisation de l'eau arrivent en deuxième position et méritent également une attention particulière dans la planification des activités et la définition des politiques agricoles dans la région.

5. CONCLUSION

La Haute Casamance est une des régions de l'Afrique subsaharienne ayant connu une variabilité climatique très marquée durant les quatre dernières décennies. Le test de Pettitt a révélé que la probabilité de dépassement de la valeur critique du test est notée en 1967 et constitue ainsi l'année de rupture. Le climat se manifeste par un raccourcissement de la saison pluvieuse, par un arrêt précoce de la pluie, par une fréquence de périodes sèches en plein hivernage, par un retard d'installation de la pluie. Les séquences sèches en hivernage présentent des risques aux cultures à cycle long et moyen et perturbent leurs étapes de développement. L'autre aspect concerne le partage du foncier entre allochtones et autochtones qui se solde par une réduction de la taille des parcelles. C'est dans ce sens que des stratégies ont été

développées pour parer à cette variation du climat.

Des techniques culturales telles que la rotation pratiquée par 91 % des producteurs ont été adoptées pour améliorer les rendements agricoles et les productions agricoles. Le développement du maraichage constitue une stratégie de réduction de l'insécurité alimentaire dans la zone. La matrice de la priorisation des options d'adaptation identifiées montre que l'utilisation des variétés précoces résistantes à la sécheresse, l'agroforesterie, l'amélioration des techniques culturales et le développement de l'irrigation peuvent constituer des perspectives de développement agricole en Haute Casamance.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- DACOSTA H. (1989). Précipitations et écoulements sur le Bassin de la Casamance, *Thèse de troisième cycle en Géographie*, UCAD, 283p.
- DOUKPOLO B. (2014). Changements climatiques et productions agricoles dans l'Ouest de la République Centrafricaine, *Thèse de troisième cycle*, Université d'Abomey-Calavi (UAC), République du Bénin, 338p.
- DJOHY G.L., EDJA A.H., NOUATIN G.S. (2015). 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*, PDF, p.183 – 194.

- FARAUTA B.K., EGBULE C.L., AGWU A.E., IDRISA Y.L., ONYEKURU N.A. (2012). Farmers' Adaptation Initiative to the Impact of Climate Change on Agriculture in Northern Nigeria. *Journal of Agricultural Extension*, 16, 132-144.
- FAYE C. NDIAYE A., MBAYE I. (2017). Une évaluation comparative des séquences de sécheresse météorologique par indices, par échelles de temps et par domaines climatiques au Sénégal, *J. Wat. Env. Sc. Vol. 1, N° 1*, 11-28
- JOUILIL I., K. BITAR H., SALAMA I., AMRAOU A., MOKSSIT A., TAHIRI M. (2013). Sécheresse météorologique au bassin hydraulique OUM ER RBIA durant les dernières décennies. *Larhyss Journal*, 12, 109-127.
- LI R., CHENG L., DING Y., CHEN Y., KHORASANI K. (2013). Spatial and Temporal Variability Analysis in Rainfall using Standardized Precipitation Index for the Fuhe Basin, China. *Intelligent Computing for Sustainable Energy and Environment Communications in Computer and Information Science*, 355, 451-459.
- MBALLO I. (2016). Projet d'autosuffisance en riz et développement des aménagements hydroagricoles dans le bassin de l'Anambé (Kol-da), *Mémoire de Master*, UASZ, 128p.
- MBALLO I., SY O., SENE A. (2019). Aménagements agricoles et sécurité alimentaire au Sénégal : cas de la Haute Casamance (Sénégal), *Revue Espace*

-
- Géographique et Société Marocaine*, N°27, Février 2019, p. 85-105.
- OLDANI J. (2007). La météorologie (connaître, prévoir le temps et comprendre les phénomènes météorologiques), Paris, Editions De Vecchi S .A, 224p.
- SALL M., TALL S.M., TANDIAN A., SAMB A. (2011). Changements climatiques, stratégies d'adaptation et mobilités. Evidence à partir de quatre sites au Sénégal, Human Settlements Working Paper Series. Rural-Urban Interactions and Livelihood Strategies – 33. Group International Institute for Environment and Development [IIED], 49p.
- SALEY M.B., TANO R., KOUAMÉ K.F., OGA M.S., KOUADIO B.H., DJAGOUA E.V., OULARE S., YOUAN T.M., AFFIAN K., JOURDA J.P., SAVANE I., BIEMI J. (2009). Variabilité spatio-temporelle de la pluviométrie et son impact sur les ressources en eaux souterraines : cas du district d'Abidjan (sud de la Côte d'Ivoire), Université de Cocody, 18p.
- SANE T. (2003). La Variabilité climatique et ses Conséquences sur l'environnement et les activités humaines en Haute-Casamance, Thèse de *Doctorat de troisième cycle de Géographie*, UCAD, 372p.
- SENE A. (2018). Aménagement et dégradation des rizières des bas-fonds dans un contexte de changement climatique dans la région de Ziguinchor. *Revue Espace Géographique et Société Marocaine*, No20/21, Janvier 2018, p. 129-144.
- SOW O. (2013). Analyse des déterminants de la mise en valeur des aménagements hydroagricoles du bassin de l'Anambé, des stratégies des acteurs et des contraintes de l'environnement de production, 55p.
- VISSIN E.W ET AL (2015). (Perceptions paysannes de la variabilité climatique par les populations de la commune de Zè (république du Bénin), XXVIII *Colloque de l'Association Internationale de Climatologie*, Liège, 6p.