



**HAL**  
open science

# VARIABILITE CLIMATIQUE ET PRODUCTIONS VIVRIERES EN HAUTE CASAMANCE (SUD-SENEGAL)

Issa Mballo, Oumar Sy, Cheikh Faye

► **To cite this version:**

Issa Mballo, Oumar Sy, Cheikh Faye. VARIABILITE CLIMATIQUE ET PRODUCTIONS VIVRIERES EN HAUTE CASAMANCE (SUD-SENEGAL). Espace géographique et société marocaine, 2019, Infrastructure et développement, 28-29, pp.161-178. hal-02432388v1

**HAL Id: hal-02432388**

**<https://hal.science/hal-02432388v1>**

Submitted on 8 Jan 2020 (v1), last revised 4 Jul 2020 (v2)

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# VARIABILITE CLIMATIQUE ET PRODUCTIONS VIVRIERES EN HAUTE CASAMANCE (SUD-SENEGAL)

Issa Mballo\*, Doctorant Laboratoire de Géomatique et d'Environnement (LGE), Université Assane Seck de Ziguinchor (Sénégal)

Oumar Sy et Cheikh Faye, Enseignants-chercheurs Laboratoire de Géomatique et d'Environnement (LGE), Université Assane Seck de Ziguinchor (Sénégal)

## Résumé :

La Haute Casamance dispose de terres cultivables estimées à 2 millions d'hectares. Les activités agricoles mobilisent environ 80 % des actifs de la région pendant l'hivernage (79,8 % en milieu rural et 20,2 % en milieu urbain). Toutefois, la variabilité climatique représente une grande menace pour la croissance et le développement de l'agriculture en Haute Casamance qui se traduit par une évolution irrégulière des productions céréalières. La présente étude est une contribution à l'évaluation des impacts potentiels de la variabilité climatique sur les cultures vivrières en Haute Casamance, au sud du Sénégal. Elle s'appuie sur une analyse des tendances pluviométriques et thermométriques de la région. Le test de Pettitt (1979) a indiqué une rupture généralement en 1968 des séries au seuil de significativité de 95 % synonyme de changements des conditions pluviométriques. Ces dernières se traduisent par des séquences sèches dominantes et par un raccourcissement de la saison. Les travaux de terrain (enquêtes et entretiens) montrent que les paysans perçoivent clairement les effets des changements du climat qui se traduisent par une modification de l'environnement biophysique et agrobiologique. Les faits évocateurs de ces changements se traduisent par l'irrégularité des pluies, les sécheresses récurrentes, la perturbation dans la durée des différentes saisons de l'année et des périodes de semis, le tarissement des vallées, la dégradation des ressources végétales, la disparition progressive de la biodiversité, la baisse des rendements, la modification du système fourrager. A cela s'ajoutent, le raccourcissement de la saison des pluies, les changements sensibles de la physionomie du paysage et la disparition de la faune.

**Mots-clés :** Variabilité climatique, productions agricoles, adaptations et Haute Casamance

## Abstract :

Upper Casamance has arable land estimated at 2 million hectares. Agricultural activities account for about 80% of the region's assets during wintering (79.8 % in rural areas and 20.2% in urban areas). However, climate variability represent a major threat to the growth and development of agriculture in Upper Casamance, resulting in irregular changes in cereal production. This study is a contribution to the assessment of the potential impacts of climate variability on food crops in Upper Casamance in southern Senegal. It is based on analysis of rainfall and temperature trends in the region. The Pettitt (1979) test indicated a break in series, usually in 1968, at the 95% threshold of significance, synonymous with changes in rainfall conditions.

The latter results in dominant dry sequences and shortening of the season. Field work (surveys and interviews) shows that farmers clearly perceive the effects of changes in the climate that result in changes in the biophysical and agrobiological environment. The evocative facts of these changes are reflected in irregular rains, recurrent droughts, disturbance in the duration of the different seasons of the year and periods of sowing, drying of the valleys, the degradation of plant resources, the gradual disappearance of biodiversity, the decline of yields, the modification of the forage system. In addition, the shortening of the rainy season, the sensitive changes in the landscape and the disappearance of the fauna.

**Keys words :** Climate variability, agricultals productions, adaptations, Upper Casamance

## **1. Introduction**

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 cultureux, engendrent un déficit de la balance commerciale, ébranlent le système économique et tout le tissu social (Djohy G. L *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 sécheresse sévère et généralisée qui a sévi au Sahel, à la fin de la décennie 60 avec une percée en Afrique de l'Ouest et du Centre au cours des décennies 70 et 80 (Paturel *et al.* 1997), représente le plus fort signal climatique observé sur Terre en général et en Afrique tropicale en particulier, depuis que des mesures météorologiques sont disponibles (OMM, 2001, Doukpolo, 2014). Cette grande période de sécheresse a eu des incidences non seulement néfastes sur les rendements agricoles mais plus dramatiques sur les conditions d'existence des populations rurales, car le degré de leur vulnérabilité n'a cessé de s'accroître avec les changements climatiques (Sarr, 2006).

La baisse de la pluviométrie en Haute Casamance, couplée au réchauffement thermique et à l'action anthropique, induit une dégradation des systèmes écologiques. Cette situation se traduit par une réduction de la production des terres ; ce qui affecte négativement les conditions de vie des populations (Sané, 2003). La Haute Casamance est une région géographique dans laquelle, l'agriculture constitue la principale activité des populations rurales. C'est l'une des régions les plus pluvieuses du Sénégal avec une moyenne supérieure à 800 mm sur la série 1951-2016, sur toutes les stations et postes pluviométriques considérés.

Dans cette région, les fluctuations climatiques ont eu comme conséquence une modification des pratiques culturelles et ont complexifié l'atteinte d'une autonomie alimentaire dans la région. L'irrégularité et la mauvaise répartition des pluies, le raccourcissement de la saison et la répétition des séquences sèches observées sur les décennies 1970 et 1980 ont impacté sur la production agricole. Plusieurs autres dynamiques dont la variation des précipitations et la décroissance du nombre de jours de pluie, une persistance des anomalies négatives, une hausse des températures qui, tous azimut, modifient les systèmes de production agricoles.

L'agriculture étant essentiellement pluviale, la modification du régime des précipitations entraîne des perturbations agricoles brutales qui ont des répercussions profondes sur la vie des populations en général et les agriculteurs en particulier. La relation d'influence entre climat et agriculture constitue une curiosité scientifique visant à comprendre les liens entre ces deux facteurs, dans un contexte de lutte pour une garantie de la souveraineté alimentaire locale et pour le développement économique durable au niveau national. L'objectif de cette étude est d'analyser les impacts potentiels de la variabilité climatique sur les productions agricoles en Haute Casamance mais aussi d'identifier les stratégies développées par les populations locales pour améliorer les rendements agricoles en hivernage.

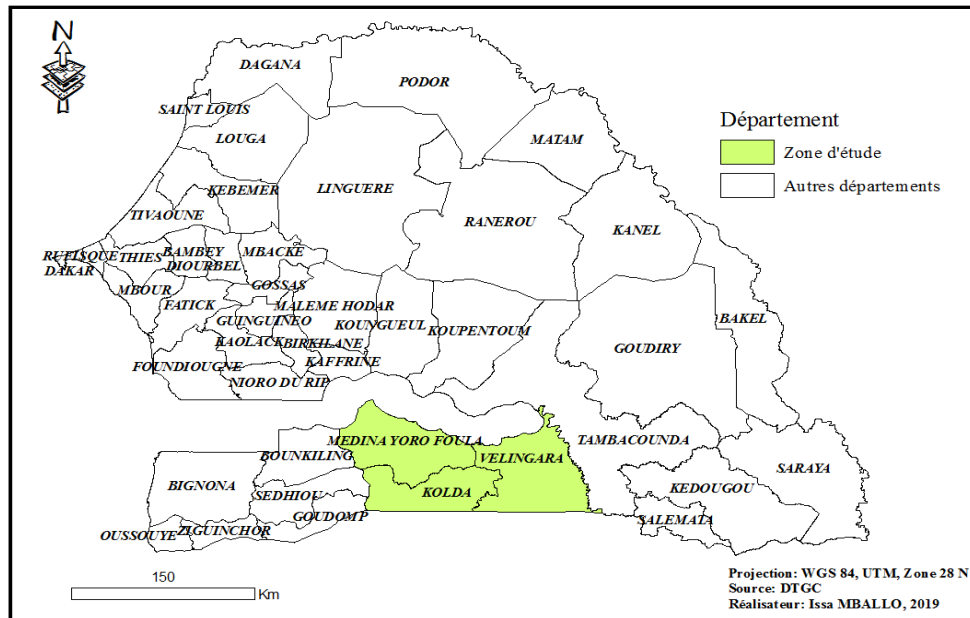
## **2. Matériels et méthodes**

### **2.1. Zone d'étude**

La Haute Casamance, actuelle région de Kolda, 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

721 km<sup>2</sup>, soit 7 % du territoire national. Elle est limitée au Nord par la Gambie, à l'Est par la région de Tambacounda, à l'Ouest par la région de Sédhiou et au Sud par la Guinée Bissau et la Guinée Conakry (fig.1).

Sa position de région frontalière à trois pays, lui confère un potentiel géostratégique énorme dans les dynamiques économiques, sociales et culturelles de la sous-région. Le climat est de type sud-soudanien recevant des précipitations qui s'étalent de juin à octobre avec un maximum entre juillet et septembre.



**Figure 1:** Carte de situation de la Haute Casamance. *Source* : Mballo, 2019

## 2.2. Enquêtes de terrain

Les enquêtes ont été menées dans 12 communes de la Haute Casamance, soit quatre communes par département. Au total, 441 chefs de ménages sont interrogés. La commune est l'unité d'échantillonnage. Le village constitue l'unité déclarante et le ménage, l'unité de référence.

**Tableau 1 :** Nombre de Ménages enquêtés en fonction des communes et département de la Haute Casamance

| Département de Kolda              |                 |               |                    |
|-----------------------------------|-----------------|---------------|--------------------|
| Dialembéré                        | Dioulacolon     | Médina Chérif | Tankanto Escale    |
| 36                                | 44              | 37            | 38                 |
| Département de Vélingara          |                 |               |                    |
| Wassadou                          | Saré Coly Sallé | Kandiaye      | Sinthiang Koundara |
| 48                                | 56              | 36            | 58                 |
| Département de Médina Yéro Foulah |                 |               |                    |
| Fafacourou                        | Koulinto        | Bignaraabé    | Niaming            |
| 19                                | 17              | 19            | 33                 |

## 2.3. Calcul des indices

Les indices standardisés des précipitations, des températures et la détection des ruptures ont permis de mieux apprécier la variabilité climatique en Haute Casamance.

### 2.3.1. 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, Faye, 2017). 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, aux niveaux des réservoirs et même aux niveaux des eaux souterraines à des échelles de temps plus longues.

**Tableau 2 : Classification des séquences de sécheresse selon l'ISP**

| Valeurs de l'ISP      | Séquences de sécheresses | Valeurs de l'ISP    | Séquences humides  |
|-----------------------|--------------------------|---------------------|--------------------|
| $0,00 < ISP < -0,99$  | Légèrement sèche         | $0,00 < ISP < 0,99$ | Légèrement humide  |
| $-1,00 < ISP < -1,49$ | Modérément sèche         | $1,00 < ISP < 1,49$ | Modérément humide  |
| $-1,50 < ISP < -1,99$ | Sévèrement sèche         | $1,50 < ISP < 1,99$ | Sévèrement humide  |
| $ISP < -2,00$         | Extrêmement sèche        | $2,00 < ISP$        | Extrêmement humide |

McKee *et al.* (1993) a utilisé le système de classification suivant les valeurs de l'ISP (Tableau 2) et a défini les critères pour un "événement de sécheresse" pour toutes les échelles de temps. Un événement de sécheresse se produit chaque fois que l'ISP est continuellement négatif et que sa valeur atteint une intensité de -1 ou moins et se termine lorsque l'ISP devient positif. L'indice standardisé des précipitations (ISP) a été calculé pour chaque intervalle de temps.

### 2.3.2. Détection de rupture

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. L'absence de rupture dans la série  $X_i$  de taille  $N$  constitue l'hypothèse nulle (Pettitt, 1979).

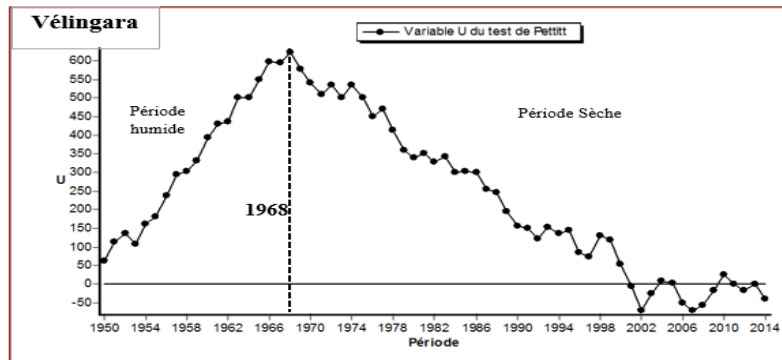
La variation spatiale des précipitations a été analysée, dans la région d'étude, à partir du fichier homogénéisé des précipitations annuelles moyennes sur 66 ans, de 1951 à 2016. Elles ont été spatialisées en utilisant la méthode d'interpolation « au plus proche voisin » qui consiste à affecter à tout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

Ces analyses ont été couplées à des travaux de terrain (questionnaires et guides d'entretien) afin de recueillir les perceptions des populations sur les impacts de la variabilité climatique sur les productions agricoles en Haute Casamance.

### 3. Résultats

#### 3.1. Fréquence des classes de pluie et détection des ruptures de stationnarité

La détection des ruptures de stationnarité a été effectuée par le test de Pettitt (1979). Elle s'est révélée significative au seuil de 95 %. L'application de ce test a permis d'observer une modification dans l'évolution des pluies au niveau des différentes stations, à partir de 1967 (Tab.1). Cette rupture est confirmée par le signal de changement intervenu en 1968.



**Figure 2** : Evolution de la variable U du test de Pettitt de 1951 à 2016 à la Station de Vélingara

**Source** : Résultats de traitement des données pluviométriques, Mballo, 2019

L'analyse de la figure 2 montre que la rupture dans la série chronologique des précipitations moyennes annuelles a été observée en 1968 à la station de Vélingara. Cette rupture marque une baisse des quantités de pluies à partir de la période après-rupture. En effet, on est passé de 1 117 mm (avant-rupture) à 844 mm (après rupture). L'écart est de 273 mm, soit un déficit de 75,56 %. Ces résultats confirment ceux de la plupart des études du genre effectuées dans la région qui avaient fait montre d'une sécheresse à la veille des années 1970 dans la région.

**Tableau 3** : Résultats du test de rupture de Pettitt (1979)

| Stations et postes pluviométriques | Taille de la série (ans) | Année de rupture |
|------------------------------------|--------------------------|------------------|
| Kolda                              | 1951-2016                | 1970             |
| Vélingara                          | 1951-2016                | 1968             |
| Kouankané                          | 1951-2016                | 1969             |
| Dabo                               | 1951-2016                | 1968             |
| Médina Yéro Foulah                 | 1951-2016                | 1968             |
| Bonconto                           | 1951-2016                | 1968             |

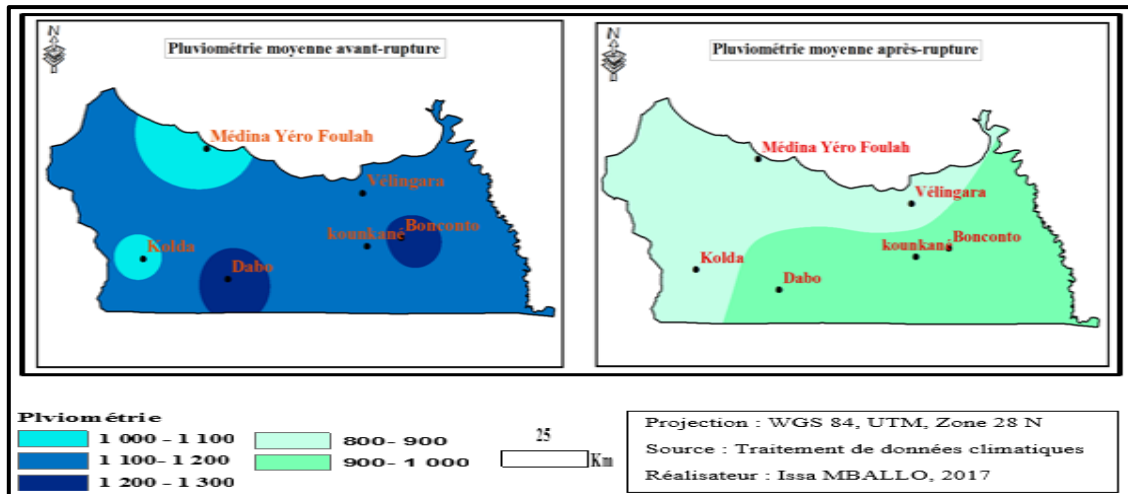
Ce tableau 3 indique que les ruptures ont été observées entre 1968 et 1970 dans les différentes stations de la région de la Haute Casamance. Le tableau 4 fait état des moyennes avant et après ruptures ainsi que les déficits pluviométriques.

**Tableau 4** : Synthèse des résultats des tests d'homogénéité sur les précipitations annuelles de 1951 à 2016 dans la région d'étude

| Stations et postes pluviométriques | Années de rupture | Moyenne avant rupture (mm) | Moyenne après rupture (mm) | Ecart | Déficit (%) |
|------------------------------------|-------------------|----------------------------|----------------------------|-------|-------------|
| Kolda                              | 1970              | 1090,5                     | 858,2                      | 232,3 | 78,69       |
| Vélingara                          | 1968              | 1117,0                     | 844,0                      | 273   | 75,56       |
| Kouankané                          | 1968              | 1160,3                     | 933,6                      | 226,7 | 80,46       |
| Dabo                               | 1968              | 1233,4                     | 955,5                      | 277,9 | 77,47       |
| Médina Yéro Foulah                 | 1968              | 1065,8                     | 834,8                      | 231   | 78,33       |
| Bonconto                           | 1968              | 1231,3                     | 959,5                      | 271,8 | 77,92       |

**Source** : Résultats de traitement des données pluviométriques, Mballo, 2019

Globalement, on note un déficit pluviométrique au niveau des six stations durant la période étudiée (1951-2016). Il est de 78,69 % à Kolda, de 80,46 % à Kounkané et de 78,33 à Médina Yéro Foulah, soit une baisse supérieure à 75 % pour l'ensemble des stations considérées. La spatialisation des résultats (moyennes avant et après rupture) à l'échelle de la Haute Casamance par la méthode d'interpolation « kriging » sur Arc Gis 10.3, a permis de regrouper les stations se situant sur les mêmes isohyètes.



**Figure 3 :** Cartes des moyennes annuelles des précipitations avant et après les ruptures en haute Casamance.

**Source :** Traitement de données climatiques. Mballo, 2019

L'analyse de la série chronologique des précipitations en Haute Casamance est divisée en deux séquences : période avant la rupture et période après la rupture. Ainsi, il est intéressant de faire une analyse comparative de la pluviométrie d'avant et après rupture dans les six stations.

#### - Moyennes avant la rupture

La spatialisation des moyennes annuelles avant la rupture montre une distribution inégale des précipitations en Haute Casamance de 1951 à 2016. Force est de noter que les moyennes sont partout supérieures à 1 000 mm. Les stations de Dabo et de Kounkané ont totalisé des moyennes respectives de 1 233,4 mm et de 1 231,3 mm durant cette période (fig.3). Cependant, il faut noter que cette tendance à la hausse des pluies prend fin à partir de la décennie 1970, qui se matérialise par une baisse généralisée des quantités de pluies reçues au niveau de toutes les stations de la région.

#### - Moyennes après la rupture

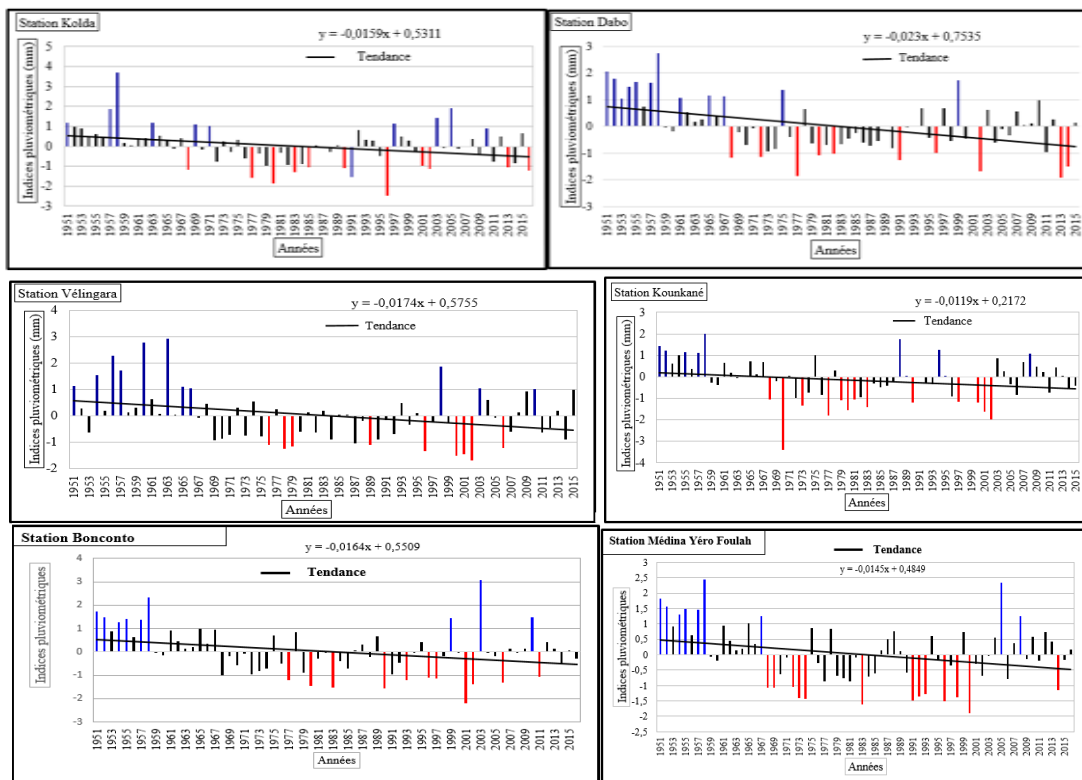
Les moyennes après les ruptures se caractérisent par une diminution des précipitations qui passent de 1 090,5 mm à 858,2 mm à la station de Kolda, de 1 117,0 mm à 844,0 mm à Vélingara et de 1 065,8 mm à 834,8 mm à la station de Médina Yéro Foulah, soient des déficits respectifs de 78,69 %, de 75,56 % et de 78,33 %. La moyenne est inférieure à 1000 mm pour l'ensemble des stations considérées (fig.3). Cette période climatique n'a pas laissé les autorités sans actions, car plusieurs politiques agricoles ont été développées dans le but de relancer l'activité agricole. Parmi celles-ci, on peut noter la politique agricole (PA), la nouvelle politique agricole (NPA), le plan de retour vers l'agriculture (REVA), la Grande Offensive pour la Nourriture et l'Abondance (GOANA) et le Programme National d'Autosuffisance en Riz (PNAR). Des aménagements (Vallée du fleuve Sénégal et bassin de

l'Anambé) ont été effectués également pour répondre plus ou moins à la problématique de la sécheresse.

### 3.2. Analyse des tendances pluviométriques dans la région d'étude

L'évaluation des tendances des précipitations de la région a été effectuée par le calcul des indices pluviométriques sur des périodes relativement étendues. Cette méthode a permis d'apprécier l'évolution des précipitations de 1951 à 2016 en Haute Casamance.

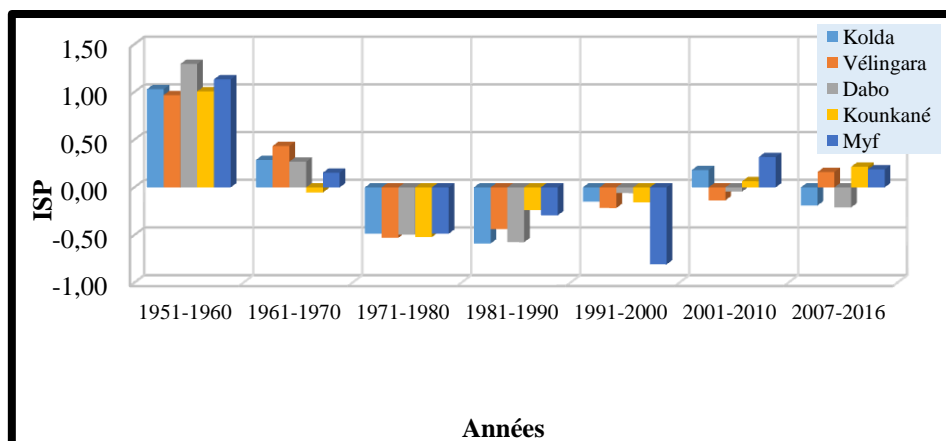
L'examen de la figure 4 montre que toutes les tendances observées sont à la baisse dans l'ensemble des stations de la Haute Casamance. On note une variabilité spatiale et temporelle des précipitations dans cette région. Au niveau des différentes stations, pour la série chronologique 1951-2016, la sécheresse 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 maximaux annuels sont de -1,67 % à Vélingara, de -1,91 % à Dabo, de -1,88 % à Médina Yéro Foulah, de -2,18 % à Bonconto. Les stations de Kolda et de Bonconto présentent ainsi les déficits maximaux les plus importants de l'ensemble des stations. Le calcul du nombre d'années déficitaires, excédentaires et normales a été fait et les valeurs données dans le tableau 3. Cela corrobore avec les résultats du test de Pettitt (1979).



**Figure 4 :** Anomalies pluviométriques en Haute Casamance de 1951 à 2016.

**Source :** Résultats de traitement des données pluviométriques, Mballo, 2019





**Figure 5 :** Evolution des ISP aux différentes échelles de temps sur la zone

**Source :** Traitement de données climatiques. Mballo, 2019

Cette figure 5 montre que les décennies 1951-1960 et 1961-1970 ont été globalement humides dans l'ensemble des stations. Il n'y a que la série 4 (station de Kounkané) qui présente un indice négatif pendant la décennie 1961-1970. Sur la première décennie (1951-1960), on note un ISP de 1,03 à Kolda, de 0,97 à Vélingara, de 1,29 à Dabo, de 1,01 à Kounkané et de 1,13 à Médina Yéro Foulah.

Les décennies 1971-1980, 1981-1990 et 1991-2000 ont été totalement sèches dans les six stations de la région d'étude. La moyenne est de -0,50, de -0,43 et -0,28 successivement pendant les décennies 1971-1980, 1981-1990 et 1991-2000 dans les six stations considérés. Ainsi, à partir des années 1970, la Haute Casamance est caractérisée globalement par une sécheresse. Toutefois, on note un retour timide de la pluviométrie à la fin de la décennie 1991. Les décennies 2001-2010 et 2007-2016 ont été essentiellement humides ; certes avec des oscillations. Les ISP moyens de la région sont de 0,08 et de 0,03 pendant ces décennies.

**Tableau 5 :** Fréquences des occurrences de sécheresse des stations de Kolda et de Vélingara de 1951 à 2016

| Station- Kolda     | 1951-2016 | 1951-1960 | 1961-1970 | 1971-1980 | 1981-1990 | 1991-2000 | 2001-2010 | 2007-2016 |
|--------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Extrêmement humide | 1,52      | 11,11     | 0,00      | 0,00      | 0,00      | 0,00      | 0,00      | 0,00      |
| Sévèrement humide  | 3,03      | 11,11     | 0,00      | 0,00      | 0,00      | 0,00      | 10,00     | 0,00      |
| Modérément humide  | 7,58      | 55,56     | 20,00     | 0,00      | 0,00      | 10,00     | 10,00     | 0,00      |
| Légèrement humide  | 39,4      | 22,2      | 50,0      | 30,0      | 20,0      | 50,0      | 20,0      | 40,0      |
| Légèrement sèche   | 31,8      | 0,0       | 20,0      | 50,0      | 50,0      | 20,0      | 50,0      | 40,0      |
| Modérément sèche   | 10,61     | 0,00      | 10,00     | 0,00      | 30,00     | 0,00      | 10,00     | 20,00     |
| Sévèrement sèche   | 4,55      | 0,00      | 0,00      | 20,00     | 0,00      | 10,00     | 0,00      | 0,00      |
| Extrêmement sèche  | 1,52      | 0,00      | 0,00      | 0,00      | 0,00      | 10,00     | 0,00      | 0,00      |
| <b>Total</b>       | 100       | 100       | 100       | 100       | 100       | 100       | 100       | 100       |
| Station-Vélingara  | 1951-2016 | 1951-1960 | 1961-1970 | 1971-1980 | 1981-1990 | 1991-2000 | 2001-2010 | 2007-2016 |
| Extrêmement humide | 4,55      | 25,00     | 10,00     | 0,00      | 0,00      | 0,00      | 0,00      | 0,00      |
| Sévèrement humide  | 4,55      | 25,00     | 0,00      | 0,00      | 0,00      | 10,00     | 0,00      | 0,00      |
| Modérément humide  | 7,58      | 62,50     | 20,00     | 0,00      | 0,00      | 0,00      | 20,00     | 10,00     |
| Légèrement humide  | 34,8      | -25,0     | 40,0      | 30,0      | 40,0      | 20,0      | 30,0      | 50,0      |
| Légèrement sèche   | 33,3      | 12,5      | 30,0      | 40,0      | 40,0      | 50,0      | 20,0      | 40,0      |
| Modérément sèche   | 12,12     | 0,00      | 0,00      | 30,00     | 20,00     | 10,00     | 20,00     | 0,00      |
| Sévèrement sèche   | 3,03      | 0,00      | 0,00      | 0,00      | 0,00      | 10,00     | 10,00     | 0,00      |
| Extrêmement sèche  | 0,00      | 0,00      | 0,00      | 0,00      | 0,00      | 0,00      | 0,00      | 0,00      |
| <b>Total</b>       | 100       | 100       | 100       | 100       | 100       | 100       | 100       | 100       |

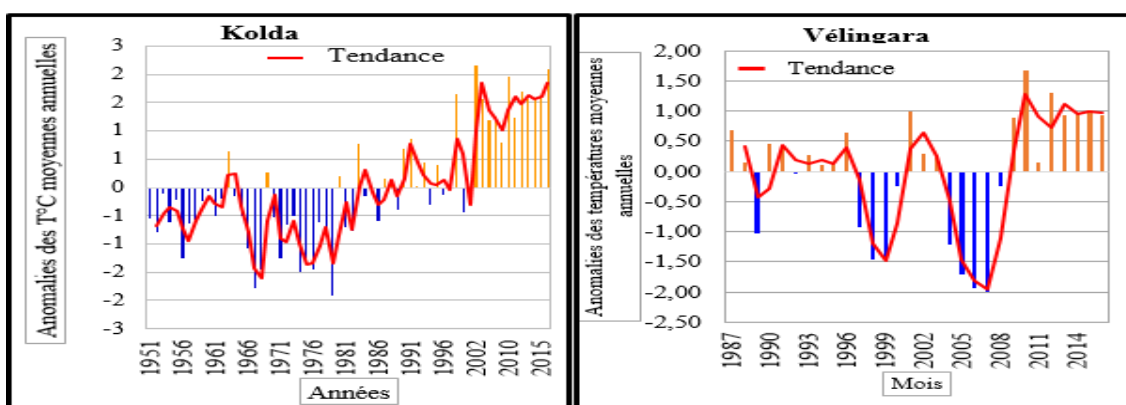
Les ISP utilisés pour l'évaluation du déficit pluviométrique de 1951 à 2016 montrent une importante variation des périodes sèches et humides avec une forte tendance à la sécheresse, notamment sur la période 1971-2000. La période de sécheresse la plus longue qui affecte la Haute Casamance s'étale de 1970 à 2000.

Sur les différentes stations climatiques étudiées de la Haute Casamance, les ISP indiquent des fréquences très importantes sur les séquences légèrement sèches (environ 40%), modestes sur les séquences modérément sèches (moins de 10%) et très faibles sur les séquences sévèrement sèches pour les décennies 1971-1980 et 1981-1990 à Kolda et à Vélingara. Cette variabilité du climat entraîne des impacts négatifs sur le développement du secteur agricole dans cette région. La baisse des rendements agricoles est étroitement liée à ces fluctuations climatiques observées dans la région marquées par des séquences sèches longues.

La partie nord de la Haute-Casamance est moins arrosée en précipitations que la zone méridionale. Elle reçoit actuellement une pluviométrie inférieure à 1000 mm, ce qui démontre que cette partie sort progressivement du domaine sud soudanien pour se placer en domaine nord soudanien. Cette situation confirme le nouveau découpage de l'espace sénégalais en zones climatiques établi par Sagna et Leroux (2000) et montre également la décroissance des pluies du Sud vers le Nord. Ce nouveau découpage place effectivement l'extrémité nord de la Haute-Casamance dans la zone nord soudanienne dont la pluviométrie varie entre 500 et 1000 mm et où les pluies sont apportées pour plus de 80 % par les lignes de grains.

### 3.3. Anomalies des tendances thermométriques moyennes

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 qui est le théâtre de l'harmattan (saison sèche) ou encore de la mousson (saison des pluies). Les indices thermométriques ont été déterminés :  $i < 1$  pour les basses températures (*bleu*) et  $i > 1$  pour les hautes températures (*orange*).



**Figure 6 :** Anomalies et tendances des températures moyennes de l'air dans la région d'étude

**Source :** Résultats de traitement statistique des données de températures 2016. Mballo, 2019

L'examen de cette 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.

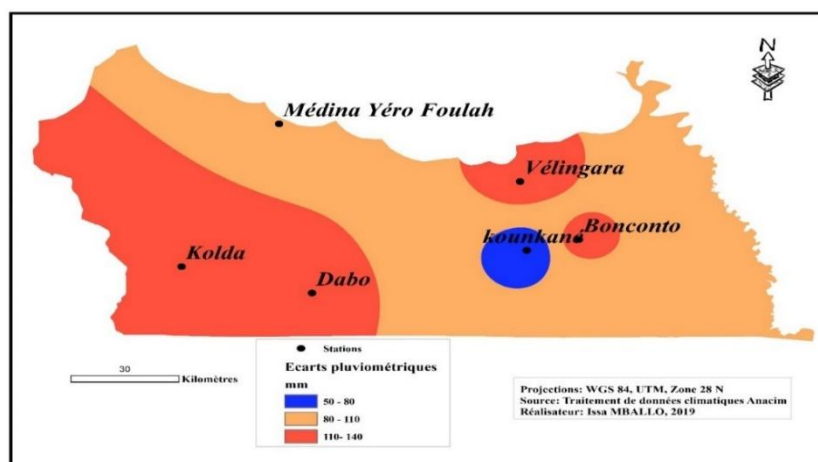
La première période (1951-1989) montre des températures globalement basses dont les indices sont compris entre  $-0,07^{\circ}\text{C}$  et  $-1,90^{\circ}\text{C}$ . La moyenne est de  $-0,56^{\circ}\text{C}$  durant cette période. La deuxième période (1990-2016) montre, elle, des températures moyennes annuelles élevées, donc supérieures à la moyenne de la série. Les indices sont compris entre  $0,02^{\circ}\text{C}$  et  $2,15^{\circ}\text{C}$ . La moyenne est de  $0,89^{\circ}\text{C}$ , donc positive. La lecture de l'évolution des températures moyennes annuelles à Vélingara, donne un schéma un peu différent. 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  $0,18^{\circ}\text{C}$ . Les valeurs moyennes des températures pour cette période sont comprises entre  $0,16^{\circ}\text{C}$  et  $0,68^{\circ}\text{C}$ . 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  $-2^{\circ}\text{C}$ . La troisième étape montre une tendance à la hausse des températures moyennes annuelles, car la moyenne est de  $0,98^{\circ}\text{C}$ . 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.

### 3.4. Indicateurs de variabilité climatique actuel dans la région d'étude

Dans cette section, il est question de déterminer des indicateurs pluviométriques et thermométriques des changements climatiques actuels dans la région haute Casamançaise, au Sud du Sénégal. L'approche consiste à analyser la différence entre deux pas de temps sur une longue période (décennies ou plus) comparables à deux états du climat, tels que les états d'un mois ou d'une saison sur deux normales distinctes. Dans cette étude, la série chronologique 1951-2016 a été subdivisée en deux normales (1951-1980 et 1981-2016) afin de comprendre les éventuels changements intervenus dans l'évolution du climat. Les précipitations constituent un des paramètres fondamentaux du climat d'un espace donné et leur évolution peut être un bon indicateur d'un éventuel changement du climat.



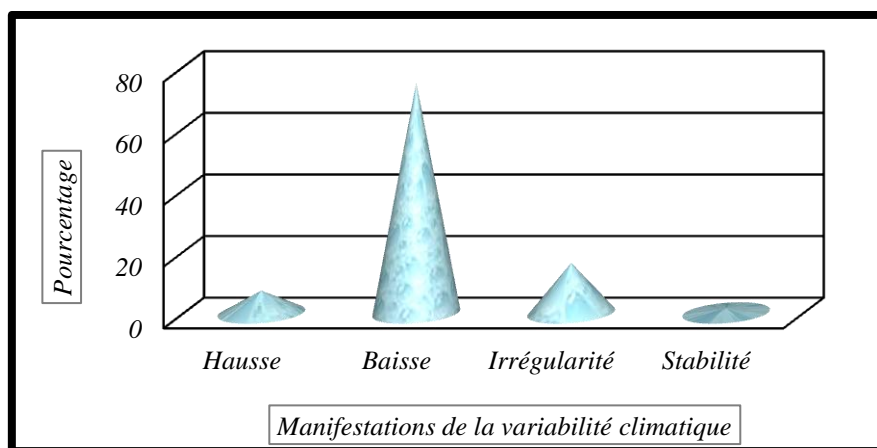
**Figure 7 :** Ecarts en pourcentage (%) des hauteurs moyennes annuelles des précipitations entre les normales 1981-2010 et 1951-1980. **Source :** Traitement de données climatiques. Mballo, 2019

Cette figure 7 montre les écarts pluviométriques observés en Haute Casamance entre la normale 1951-1980 et la période 1981-2010. Il est compris entre 110 et 140 mm au niveau des stations de Kolda, Dabo, de Bonconto et Vélingara. La station de Kounkané a présenté le plus faible écart qui varie entre 50 et 80 mm. La moyenne des écarts dans les différentes stations avoisine les 100 mm ; cela explique l'acceptation scientifique annonçant un retour timide des précipitations dans cette région.

### 3.5. Perceptions de la variabilité climatique par les populations en Haute Casamance

Les perceptions socio-météorologiques paysannes du changement climatique actuel sont des savoirs locaux basés sur les expériences vécues pour expliquer et comprendre l'évolution récente du climat en Haute Casamance. À partir d'enquêtes auprès des exploitants agricoles, les conclusions montrent que les paysans perçoivent clairement les effets des changements du climat qui se traduisent par une modification de l'environnement biophysique et agrobiologique.

Les faits évocateurs de ces changements se manifestent par l'irrégularité des pluies, les sécheresses récurrentes, la perturbation dans la durée des différentes saisons de l'année et des périodes de semis, le tarissement des vallées, la dégradation des ressources végétales, la disparition progressive de la biodiversité, la baisse des rendements, la modification du système fourrager. A cela s'ajoutent, le raccourcissement de la saison des pluies, les changements sensibles de la physionomie du paysage et la disparition de la faune.



**Figure 8** : Perceptions des populations sur la variabilité climatique en Haute Casamance.

**Source** : Enquêtes de terrain, Mballo 2019

La baisse des précipitations est perçue par 75 % des paysans interrogés dans la région (fig.8). Cette perception semble s'expliquer par des facteurs non climatiques, car, vraisemblablement, elle devrait être plus élevée à la partie Nord-ouest de cette région dans les environs de Médina Yéro Foulah. Cette diminution des précipitations est perçue par les populations comme un facteur essentiel et déterminant sur l'explication de la baisse des rendements agricoles et un élément qui remet en cause le choix de variétés à cycle long ou encore exigeantes en eau. La variabilité et la hausse ont été constatées successivement par 16 % et 7 % des chefs de ménages interrogés.

**Tableau 6 :** Perception des populations sur la variabilité climatique en Haute Casamance.

| Perceptions  | Effectifs | Pourcentage (%) |
|--|-----------|-----------------|
| Diminution des quantités d'eau tombées             | 155       | 35              |
| Arrêt précoce                                      | 404       | 92              |
| Retard dans l'installation de la saison des pluies | 129       | 29              |
| Fréquence de périodes sèches en saison des pluies  | 390       | 88              |
| Raccourcissement de la saison                      | 210       | 48              |

**Source :** Enquêtes de terrain. Mballo, 2018

Différents indicateurs ont été définis pour recueillir la perception des populations sur les manifestations de la variabilité climatique en Haute Casamance. L'analyse du tableau 4 montre que 35 % des producteurs interrogés ont constaté une diminution des quantités d'eau de pluies contre 92 % d'entre eux qui soulignent la récurrence d'un arrêt précoce de la saison des pluies dans la région. Entre autres types de manifestations, on peut noter le retard d'installation de l'hivernage (29 %), la fréquence de séquences sèches (88 %) pendant la saison des pluies et le raccourcissement de la saison (48 %). Tous ces paramètres contribuent à la perturbation du calendrier culturel, à la baisse des productions agricoles et ne permettent pas la réduction de la pauvreté et la vulnérabilité socio-économiques des populations de la Haute Casamance. Cette variation climatique, identifiée à travers l'analyse des données climatiques et des perceptions populaires, a eu des impacts sur l'évolution des productions céréalières en Haute Casamance.

### 3.6. Evolution des productions céréalières en Haute Casamance de 1986 à 2016.

Les cultures céréalières jouent un rôle déterminant dans la marche vers une autosuffisance alimentaire au Sénégal et en particulier dans la zone d'étude. Les productions céréalières assurent l'alimentation de base des producteurs et les villes deviennent ainsi bénéficiaires, car selon Wackermann (2000) « *il y a ville quand l'homme domine la nature et arrive à en affranchir* ». Le développement du monde rural réduit les mouvements pendulaires, l'exode rural mais aussi amenuise les relations d'influence qui existent entre ces deux entités spatiales.

L'analyse des statistiques agricoles montre une évolution irrégulière des productions céréalières dans la région. La moyenne est de 19 466,09 tonnes pour le mil, de 26 559,18 tonnes pour le sorgho, de 40 317,53 tonnes pour le maïs, de 20 566,85 tonnes pour le riz et de 235,6277 tonnes pour le fonio, soit une production céréalière moyenne de 107 137,68 tonnes pour la période considérée (1986-2016).

**Tableau 7 :** Variation en pourcentage des productions céréalières (t) selon les décennies 1986-1995, 1996-2005 et 2006-2015 en Haute Casamance.

| Cultures | 1 <sup>ère</sup> décennie |         |               | 2 <sup>ème</sup> décennie |          |               | 3 <sup>ème</sup> décennie |       |               |
|----------|---------------------------|---------|---------------|---------------------------|----------|---------------|---------------------------|-------|---------------|
|          | 1986                      | 1995    | Variation (%) | 1996                      | 2005     | Variation (%) | 2006                      | 2015  | Variation     |
| Mil      | 22192,8                   | 29167,8 | <b>31,42</b>  | 25867,8                   | 12300,4  | <b>-52,4</b>  | 13938,8                   | 11930 | <b>-14,4</b>  |
| Sorgho   | 31773,5                   | 27798,9 | <b>-12,5</b>  | 23803,5                   | 25971,2  | <b>9,1</b>    | 25140,5                   | 12431 | <b>-50,5</b>  |
| Maïs     | 21336,4                   | 19985,2 | <b>-6,33</b>  | 16061,4                   | 107258,2 | <b>567,8</b>  | 123816,5                  | 27928 | <b>-77,4</b>  |
| Riz      | 16676,3                   | 4659,6  | <b>-72,05</b> | 8060,2                    | 9528,2   | <b>18,2</b>   | 17159,9                   | 20192 | <b>17,6</b>   |
| Fonio    | 101,3                     | 229,4   | <b>126,4</b>  | 367,8                     | 53,4     | <b>-85,5</b>  | 141,608                   | 72,0  | <b>-49,15</b> |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|

**Source** : Traitement de données DRDR-Kolda, Mballo, 2019

Les productions de sorgho (-12,5 %), de maïs (-6,33 %) et de riz (-72,05 %) sont déficitaires durant la décennie 1986-1995. Les productions de mil et fonio, quant à elles, ont augmenté respectivement de 31,42 % et de 126,4 % durant la même décennie (tab.5). La situation s'inverse durant la deuxième décennie, car les cultures du mil (-52,4 %) et du fonio (-85,5 %) ont connu un déficit en termes de production par opposition à la première décennie. La troisième période (2006-2015) se caractérise par une alternance entre hausse et diminution de productions céréalières en fonction des cultures. On note une variation de -14,4 % pour le mil, de -50,5 %, de -77,6 pour le maïs, de 17,6 % pour le riz et de -49,15 % pour le fonio.

En somme, on note une variation de -46,24 % pour le mil, de -60,8 % pour le sorgho, de 30,8 % pour le maïs, de 21,08 % pour le riz et de -28,9 % pour le fonio. Cette variation tantôt négative, tantôt positive des productions faussent les ambitions d'autosuffisance alimentaire. Les facteurs explicatifs de cette irrégularité sont entre autres les contraintes hydroclimatiques, techniques, organisationnelles.

Les rencontres organisées très souvent par les techniciens (structures étatiques et ONG) ressemblent plus à des festivités qu'à des renforcements de capacité des producteurs agricoles, car les participants sont servis à manger et à boire en plus du remboursement des frais de déplacement, les notions et techniques apprises sont aussitôt oubliées au sortir de la séance.

Tous ces facteurs réduisent les chances d'atteindre une autosuffisance céréalière dans cette région. Les productions ne couvrent qu'une partie de l'année ensuite, s'enchaîne une période de soudure qui peut durer deux à quatre mois en fonction des ménages et des années. Durant ces périodes, la rente migratoire devienne le remède pour la plupart des paysans. Cette précarité du monde rural installe un climat de désespoir sur l'activité agricole et encourage l'émigration clandestine.

Les perceptions de la variation du climat corrélées aux fluctuations des rendements agricoles ont été à l'origine des changements de pratiques culturales et du développement des aménagements hydroagricoles dans la région. De nouvelles variétés plus tolérantes ont été introduites et des ouvrages hydroagricoles ont été construits pour mieux maîtriser les eaux de pluies pendant l'hivernage.

### **3.7. Adaptation des pratiques culturales**

Les enquêtes auprès des producteurs ont montré que les paysans de la Haute Casamance sont très vulnérables aux conséquences de la variabilité climatique. En réponse aux perturbations climatiques, les agriculteurs ont adopté des stratégies d'adaptation dont les plus répandues sont : les rotations culturales, l'adaptation variétale, la modification des dates de semis, la mise en valeur des bas-fonds, les techniques de conservation des eaux et des sols et la jachère.

#### **3.7.1. Techniques et pratiques culturales**

Dans la région d'étude, des techniques culturales ont été adoptées pour améliorer les rendements agricoles et par conséquent les productions agricoles. Parmi celles-ci, on peut faire mention la jachère consistant à laisser un champ au repos pendant une période d'au moins deux années et la rotation des cultures de plateau. L'assolement des cultures ou plantations a pour but d'accroître les rendements et d'éviter l'épuisement rapide des sols.

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 croit

démographique, la plupart des producteurs (91 %), effectue 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 révélés que seulement 38 % des producteurs interrogés pratiquent la jachère.

En ce qui concerne les systèmes de culture, un point très intéressant à signaler est que l'augmentation de la durée de végétation va rendre possible des successions de cultures là où seules des monocultures étaient possibles comme dans certains terroirs de la Haute Casamance en absence de pluie. La pratique d'une stratégie d'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.

### **3.7.2. Mode de fertilisation des parcelles**

En Haute Casamance, l'amendement des terres agricoles est devenu de plus en plus un préalable pour l'accroissement des rendements. Cela est lié à l'épuisement et à la pauvreté des sols qui après un harcèlement annuel perdent de leur richesse. Le croit démographique favorise le morcellement des parcelles, la raréfaction des champs en jachère et la durée de l'assolement. Différentes formes d'amendements sont utilisés par les producteurs parmi lesquelles : la fumure organique, l'engrais chimique, etc.

Les enquêtes ont révélé que la majorité des producteurs interrogés (90 %) utilisent les produits chimiques pour amender leurs champs contre 26 % qui se contentent de la fumure organique. Ces derniers sont généralement des éleveurs et ils développent la stabulation bovine au niveau des champs de case. Certains paysans (11 %) qui ne disposent pas de bétail et de moyens d'acheter les produits chimiques laissent leurs parcelles intactes.

## **4. Discussions**

La variation du climat a été notée à la fin de la décennie 1960 dans la région d'étude. Avant la rupture, partout la pluviométrie était supérieure à 1 000 mm, plaçant ainsi la région dans le domaine climatique sud-soudanien. Cependant, on a observé globalement une baisse des précipitations dans la région, car dans les six stations, la moyenne est inférieure à 1 000 mm. Cette variabilité du climat a eu comme effet direct la baisse des rendements agricoles et par conséquent, on a assisté partout en Haute Casamance à un climat de suspicion quant à l'avenir de l'agriculture qui mobilise plus de 80 % de la population.

Ces résultats corroborent avec des travaux de Sané (2003) qui avez alerté sur la dégradation des écosystèmes de la Haute Casamance à cause de la variabilité climatique. 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).

Les productions de sorgho (-12,5 %), de maïs (-6,33 %) et de riz (-72,05 %) ont été déficitaires durant la décennie 1986-1995 qui est globalement sèche. Les productions de mil et fonio, quant à elles, ont augmenté respectivement de 31,42 % et de 126,4 % durant la même décennie. Les variations de -46,24 % pour le mil, de -60,8 % pour le sorgho, de 30,8 % pour le maïs, de 21,08 % pour le riz et de -28,9 % pour le fonio ont faussé l'atteinte d'une alimentaire.

La sécheresse persistante qui sévit depuis 1968 dans les pays du Sahel a eu pour conséquence, outre le déficit hydropluviométrique et ses répercussions sur l'agriculture et l'économie, la prise de conscience de la nécessité de maîtriser et de gérer au mieux les ressources en eau existantes. Il en est résulté l'élaboration ou la réactivation d'importants projets d'aménagement des ressources en eau pour préserver les activités agricoles des caprices du climat (Dacosta, 1989).

C'est dans cette perspective que des sociétés telles que la Société de Développement Agricole et Industriel du Sénégal (SODAGRI) et la Société Nationale d'Aménagement et d'Exploitation des Terres du Delta du Fleuve Sénégal (SAED) ont été créées pour la mise en œuvre et le suivi.

Devant la déprise agricole en Haute Casamance, des stratégies sont développées pour au moins réduire les impacts de la variabilité climatique. Elles ont concerné les pratiques culturales. La plupart des producteurs (91 %), effectue une rotation des cultures de plateau devant la pression foncière liée au croit démographique. D'année en année, les parcelles sont morcelées suite à l'éclatement des familles, car le mode d'acquisition de terres le plus connu est celui de l'héritage. Les jeunes, nouveaux chefs de ménages, ont droit à une portion d'espace de la grande famille, où ils développent des activités agricoles afin de subvenir à leurs besoins alimentaires. Au-delà, le caractère agro-pastoral fait figure, car la plupart des éleveurs pratiquent la stabulation bovine pour augmenter la fertilité des champs de case même s'il faut noter que la majorité des producteurs interrogés (90 %) utilisent les produits chimiques pour augmenter leurs rendements agricoles.

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 rétrécissement 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.

## **5. Conclusion**

Cette étude montre que le climat a connu une variation manifeste en Haute Casamance de 1951 à 2016. Cette variabilité a eu des répercussions sur l'agriculture, la principale activité des populations locales de la région. L'analyse des tendances pluviométriques de la région a montré globalement une baisse. Cette chute des quantités de pluies est confirmée par le test de rupture de Pettitt (1979) qui s'est révélée significative au seuil de 95 %.

Cette situation climatique a eu des impacts sur le développement de l'activité agricole qui a connu une irrégularité en termes de rendements, installant un climat de désespoir chez certains jeunes qui, pour la plupart, s'aventurent à prendre le chemin de l'émigration vers l'occident.

On note une variation de -46,24 % pour le mil, de -60,8 % pour le sorgho, de 30,8 % pour le maïs, de 21,08 % pour le riz et de -28,9 % pour le fonio. Cette variation tantôt négative, tantôt positive des productions, complexifie l'atteinte des objectifs d'autonomie alimentaire locale et nationale de façon générale.



Des techniques adaptatives des pratiques culturelles ont été développées pour accroître les rendements agricoles dans une perspective d'autosuffisance alimentaire. Parmi les pratiques culturelles, la rotation des cultures est la plus utilisée (91 %) pour les techniques et la fertilisation chimique (90 %) pour l'amendement des terres.

## **Bibliographie**

Baldé, A. et Diop, O. (2013). Relance de la Mise en valeur du périmètre irrigué du bassin de l'Anambé : des stratégies coûteuses, inefficaces et inefficaces, revue de géographie du Lardyme, 18p.

Dacosta H. (1989) : Précipitations et écoulements sur le Bassin de la Casamance, Thèse de troisième cycle en Géographie, UCAD, PDF, 283p.

Djaman K., Balde A.B., Rudnick D.R., Ndiaye O. and Irmak S., (2016) : Long-Term Trend Analysis in Climate Variables and Agricultural Adaptation Strategies to Climate Change in the Senegal River Basin. *International Journal of Climatology*, 37, 2873-2888.

Djohy G. L *et al* (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 11*, p.183 – 194.

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, PDF, 338p.

Faye, C. *et al.* (2017). Une évaluation comparative des séquences de sécheresse météorologique par indices, par échelles de temps et par domaines climatiques au senegal, *J. Wat. Environnement Science* Vol. 1, N°1, p.11-28

Jouilil, I., K. Bitar H. Salama I. Amraou A. Mokssit et Tahiri M. (2013). Sécheresse météorologique au bassin hydraulique OUM ER RBIA durant les dernières décennies. *Larhyss Journal*, 12, 109-127.

Khoualdia, W., Djebbar, Y. et Hammar, Y. (2014). Caractérisation de la variabilité climatique : cas du bassin versant de La Medjerda (Nord-Est algérien), *Revue. Sciences et Technologies.*, Synthèse 29: 6-23, PDF, 18p.

McKee, T.B., Doesken, N.J. and Kleist, J. (1993). The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales. *Preprints, 8th Conference on Applied Climatology*, Anaheim, 17-22 January 1993, 179-184.

Mballo, I. (2016). Projet d'autosuffisance en riz et développement des aménagements hydroagricoles dans le bassin de l'Anambé (Kolda), Mémoire de Master, UASZ, 128p.

Nascimento, Jr. L., Sant'anna Néto, J. I. et Dubreuil, V. (2015). (Tendances, Ruptures et variabilité hydroclimatiques dans l'état du Paraná – Brésil, XXVIIIe colloque de l'association internationale de climatologie, Liège, PDF, 6p.

Oldani, J. (2007). La météorologie (connaître, prévoir le temps et comprendre les phénomènes météorologiques), Paris, Editions De Vecchi S .A, 224p.

Saley, M. B. *et al* (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, PDF, 18p.

Sall M., Tall, S. M et Tandian, A. (2011). Changements climatiques, stratégies d'adaptation et mobilités. Evidence à partir de quatre sites au Sénégal, Human Settlements Group International Institute for Environment and Development (IIED), PDF, 49p.

Sané, T. (2007). 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.

Sarr, B. (2006). INSTAT+ en bref Manuel d'utilisation destiné aux Ingénieurs en agrométéorologie et en météorologie aéronautique, CILSS, Centre régional Agrhymet, 74 p.

Vissin, E.W. *et al* (2015). (Perceptions paysannes de la variabilité climatique par les populations de la commune de Zè (république du Bénin), XXVIIIe Colloque de l'Association Internationale de Climatologie, Liège, PDF, 6p.