



Dynamiques environnementales

Journal international de géosciences et de l'environnement

48 | 2021
DE Varia

Variabilité pluviométrique et développement de l'activité agricole dans la région de Kolda (Sénégal)

Rainfall variability and development of agricultural activity in Kolda's region (Senegal).

Issa Mballo, Oumar Sy, Demba Gaye et Bouly Sane



Édition électronique

URL : <https://journals.openedition.org/dynenviron/6013>
ISSN : 2534-4358

Éditeur

Presses universitaires de Bordeaux

Édition imprimée

Date de publication : 5 juin 2021
Pagination : 101-126
ISSN : 1968-469X

Référence électronique

Issa Mballo, Oumar Sy, Demba Gaye et Bouly Sane, « Variabilité pluviométrique et développement de l'activité agricole dans la région de Kolda (Sénégal) », *Dynamiques environnementales* [En ligne], 48 | 2021, mis en ligne le 01 juin 2022, consulté le 09 décembre 2022. URL : <http://journals.openedition.org/dynenviron/6013>

Ce document a été généré automatiquement le 9 décembre 2022.



Creative Commons - Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 4.0 International
- CC BY-NC-ND 4.0
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Variabilité pluviométrique et développement de l'activité agricole dans la région de Kolda (Sénégal)

Rainfall variability and development of agricultural activity in Kolda's region (Senegal).

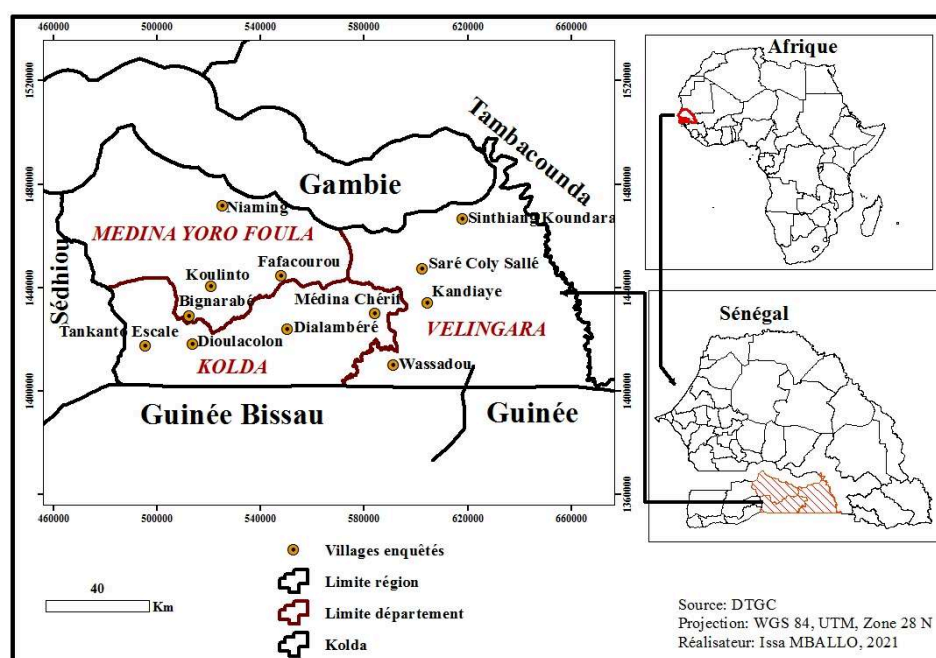
Issa Mballo, Oumar Sy, Demba Gaye et Bouly Sane

Introduction

- 1 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 (OMM, 2001 ; Doukpolo, 2014). Elle a eu des incidences non seulement néfastes sur les rendements agricoles mais plus dramatiques sur les conditions d'existence des populations rurales, parce que le degré de leur vulnérabilité n'a cessé de s'accroître avec les changements climatiques (Sarr, 2006). Manifestement, les agrosystèmes en subissent beaucoup, car les productions agricoles sont conditionnées, en partie, par le niveau d'exposition aux aléas climatiques. La répartition des précipitations, moins que les sols, détermine les productions dans le contexte d'une agriculture pluviale (FAO, 1997).
- 2 De tous les facteurs limitants le développement agricole en zone tropicale, l'eau reste l'élément le plus déterminant compte tenu de son importance et de sa disponibilité actuelle. Cette importance s'est accrue du fait que la priorité est désormais reconnue à l'agriculture comme base de développement par de nombreux pays africains (Carbonnel et Hubert, 1992). Cette importance s'est renforcée par la sécheresse au début des années 1970 dans la mesure où certaines activités agricoles dépendent exclusivement des pluies.

- 3 En Afrique subsaharienne, 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 sur 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. La présente étude s'inscrit dans une optique de contribution au débat sur le nexus climat-agriculture en Afrique subsaharienne.
- 4 Au Sénégal, la pluviométrie est caractérisée par une grande variabilité interannuelle des précipitations en fonction des domaines climatiques. Dans le domaine sud-soudanien, où se situe notre région d'étude, la pluviométrie est supérieure à 900 mm selon notre série climatique (1951-2016). Cette moyenne annuelle laisse comprendre que la tendance baissière des rendements agricoles n'est pas *de facto* influencée par les totaux pluviométriques. Des études antérieures, telle que celle réalisée par Atidegla et *al.* (2017), ont réfuté la thèse selon laquelle l'oscillation des productions est exclusivement liée à la variabilité climatique ou pluviométrique en particulier. Ainsi, le focus est mis sur l'analyse des variabilités saisonnières (durée de l'hivernage) et journalières (séquences humides et sèches) de la pluviométrie qui peuvent avoir un impact plus manifeste sur les rendements agricoles dans la région d'étude (fig. 1).

Figure 1 - Localisation de la zone d'étude et des sites étudiés.

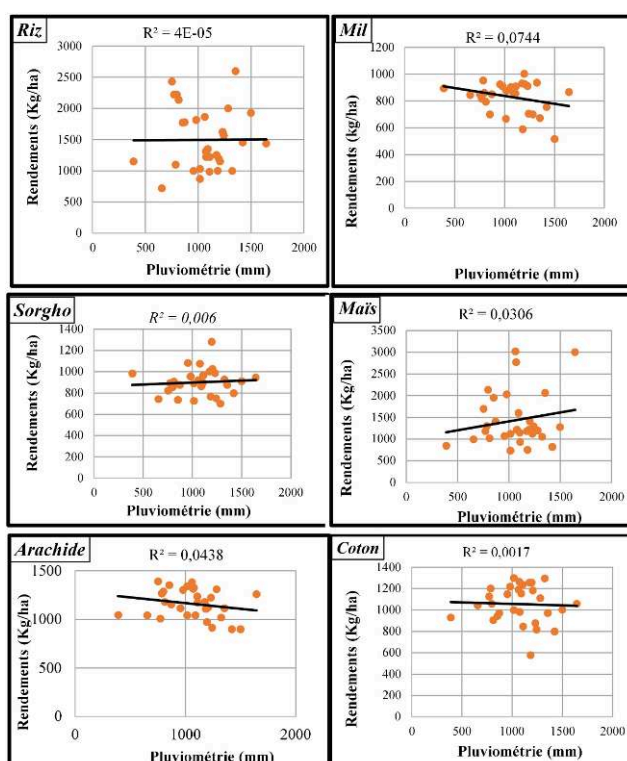


- 5 La région de Kolda se situe au Sud du Sénégal entre 12°20' et 13°40' de latitude nord et 13° et 16° de longitude ouest. Elle s'étend sur une superficie de 13 721 km², soit 7 % du territoire national (ANSD, 2017). Elle est limitée au Nord par la Gambie, à l'Est par la région de Tambacounda, à l'Ouest par la région de Sédhiou et au Sud par la Guinée Bissau et la République de Guinée (fig.1).

Corrélation pluies annuelles et rendements des cultures

- 6 Parmi les facteurs limitants le développement agricole en zone tropicale, l'eau reste un élément déterminant, compte tenu de sa quantité et de sa disponibilité actuelle. La centralité de la ressource en eau s'est accrue du fait que la priorité est désormais reconnue à l'agriculture comme base de développement par de nombreux pays africains (Carbonnel et Hubert, 1992).
- 7 Le déficit pluviométrique croissant et la mauvaise répartition spatio-temporelle des précipitations constituent des facteurs limitant le développement agricole. La mise en corrélation des totaux pluviométriques annuels et des rendements de quelques cultures (arachide, riz, mil, maïs, sorgho et coton) agricoles a permis d'apprécier leur relation de causalité.
- 8 Nous avons représenté de façon simultanée les deux variables sur les graphiques en nuage de points. La commodité de ce type de représentation offre une bonne lecture de l'interdépendance ou non des variables étudiées. Il est toutefois intéressant de rappeler que la corrélation n'implique pas de facto la causalité car une relation entre deux paramètres peut être la conséquence d'un troisième facteur causal. L'analyse des graphiques de corrélation réalisés sur les cultures (fig. 2) montre qu'il y a une grande dispersion des points quasiment pour les rendements de toutes les cultures étudiées, ce qui indique la faiblesse de la corrélation malgré son existence.

Figure 2 - Relations pluies annuelles et rendements (riz, mil, arachide, coton, maïs et sorgho).



- 9 La dispersion des points montre que le total pluviométrique enregistré n'exerce pas une grande influence sur les rendements comme en témoignent les graphiques. Le

coefficient de détermination est inférieur à 0,1 pour l'ensemble des spéculations étudiés. Il est de 0,07 pour le mil, de 0,006 pour le sorgho et de 0,03 pour le maïs. Contrairement aux idées souvent reçues, nous pouvons retenir que les totaux pluviométriques n'influencent pas de facto les rendements agricoles dans la région de Kolda selon la série climatique analysée. A partir de ce moment, le travail consiste à exploiter les variations journalières et mensuelles de la pluviométrie en lien avec les rendements agricoles.

Matériels et méthodes

Méthode de collecte de données

- 10 La recherche sur le nexus pluviométrie-rendements est insuffisamment traitée dans cette région. Des méthodes classiques telles que le nuage de points et l'analyse qui en découle souvent est globalement descriptive. Pour répondre à cette problématique, nous nous sommes appuyés sur des données statistiques et produits nous-mêmes des données grâce à des enquêtes auprès des populations locales. Tout d'abord, nous avons collecté des statistiques agricoles (productions et rendements annuels) et pluviométriques (pluies journalières, mensuelles et annuelles) respectivement au niveau de l'Agence Régionale de la Statistique et de la Démographie (ARSD) et de l'Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie (ANACIM). Ensuite, nous avons mené des enquêtes dans 12 communes de la région de Kolda, soit quatre communes par département. Au total, 441 chefs de ménages ont été interrogés. La commune est l'unité d'échantillonnage, le village constitue l'unité déclarante et le ménage, l'unité de référence. Après avoir fait le choix de travailler à l'échelle du village, la seconde étape était de choisir 3 villages par commune selon deux critères : spatial et taille de population. Le premier a permis de prendre en charge la question de l'étendue du territoire et le second, quant à lui, a facilité le choix des localités selon le nombre d'habitants.

Méthode d'analyse des tendances pluviométriques

- 11 L'Indice Standardisé des Précipitations (ISP) a été retenu pour l'analyse des performances agricoles, surtout quand l'agriculture est de type pluvial. L'ISP a été adopté en 2009 par l'Organisation Mondiale de la Météorologie (OMM) comme un instrument mondial pour mesurer les sécheresses météorologiques (Jouilil et al., 2013). L'IPS ou SPI (acronyme en anglais de Standardized Precipitation Index) (McKee et al., 1993) est calculé de la manière suivante :
- 12 avec : P_i = cumul de la pluie pour une année i , P_m = moyenne annuelle sur la série considérée, S = écart type des cumuls annuels sur la même période.
- 13 Les indices pluviométriques ont été déterminés : $i > 1$ pour les années humides excédentaires, $i < -1$ pour les années sèches déficitaires, $-1 < i < 1$ pour les années normales. L'analyse des mois de début et de fin de l'hivernage a été effectuée sur les bases de données mensuelles et journalières à la station de Kolda.
- 14 Nous avons ainsi utilisé une série chronologique partant de 1951. Cela nous a permis de mieux remonter dans le temps afin de percevoir la variation observée à partir de 1968

dans la région et d'analyser les différentes séquences pluviométriques de la série pluviométrique étudiée.

Méthode d'Analyse en composantes Principales (ACP)

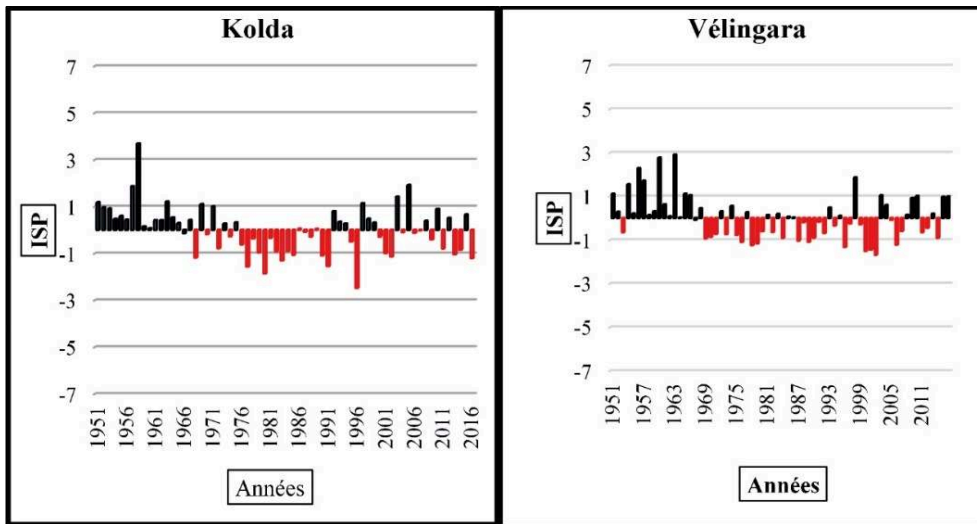
- 15 Il s'agit d'une approche à la fois géométrique (les variables étant représentées dans un nouvel espace, selon des directions d'inertie maximale) et statistique (la recherche portant sur des axes indépendants expliquant au mieux la variabilité des données). On cherche une représentation des « n » individus, dans un sous-espace F_k de R^p de dimension k. Autrement dit, on cherche à définir « k » comme nouvelles variables des combinaisons linéaires des variables initiales « p » qui feront perdre le moins d'informations possible. Ces variables seront appelées « composantes principales », les axes qu'elles déterminent « axes principaux » et les formes linéaires associées « facteurs principaux ». Dans le cadre de ce travail, cette méthode est utilisée pour analyser la relation entre les variables (pluviométrie, rendements et productions céréalières) dans un contexte d'insécurité alimentaire. Ce travail est effectué avec « XL Stat » qui a permis de générer des résultats sous deux formes : cercles et matrices des corrélations.

Résultats

Variabilité et tendances pluviométriques dans la région de Kolda

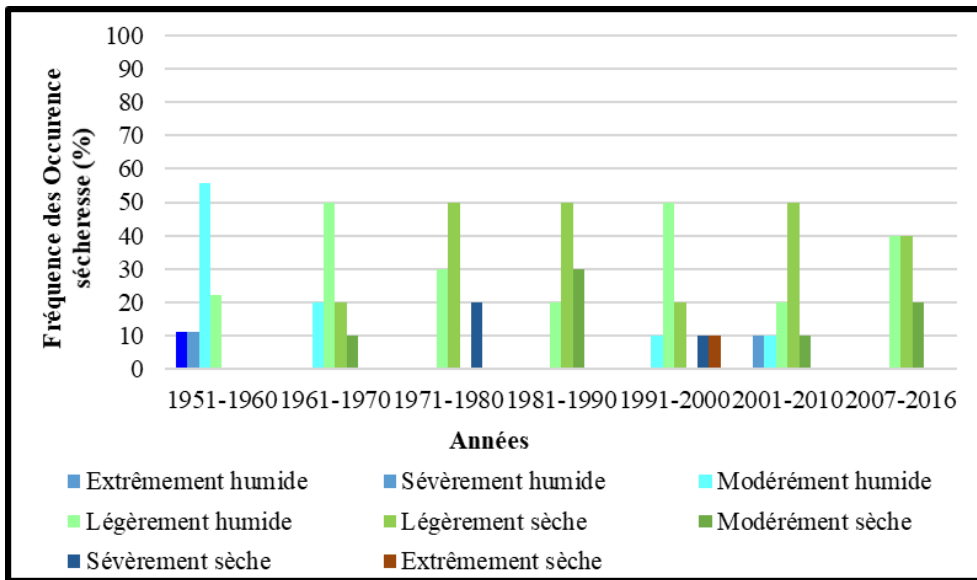
- 16 La variabilité climatique représente aux yeux de la plupart des populations une grande menace pour la croissance et le développement de l'agriculture. En effet, elle explique en grande partie la fréquence des épisodes secs ou le retard dans l'installation de l'hivernage, modifiant ainsi les pratiques culturales avec l'usage de variétés plus adaptées au contexte.
- 17 La caractérisation de la variabilité pluviométrique est effectuée aux échelles temporelles annuelle, mensuelle et journalière. Le calcul des ISP a permis d'analyser les tendances pluviométriques dans la région (fig. 3). Les données mensuelles et journalières ont été analysées afin de définir les mois et jours de début et de fin de l'hivernage dans la région. C'est une analyse très importante, car elle conditionne le calendrier cultural qui varie au rythme du climat.

Figure 3 - Indices Standardisés des précipitations à Kolda et à Vélingara de 1951 à 2016.



- 18 La figure 3 montre que les décennies 1951-1960 et 1961-1970 ont été globalement humides dans l'ensemble des stations. Les décennies 1971-1980, 1981-1990 et 1991-2000 ont été essentiellement sèches dans les différentes stations. Elles coïncident avec les phases climatiques (première vague de sécheresse, deuxième vague de sécheresse, post-sécheresse) observées à l'échelle nationale (Gaye, 2017). De 2000 à 2016, on observe globalement, une période humide. L'analyse des occurrences de la sécheresse (fig. 4) permet de confirmer la variabilité pluviométrique observée avec l'ISP.

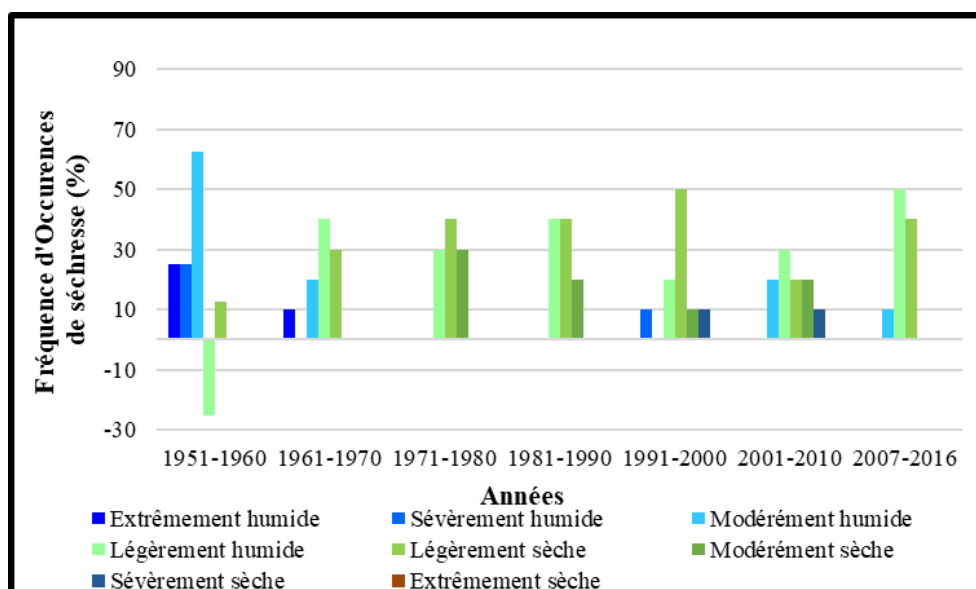
Figure 4 - Fréquences des occurrences de sécheresse à Kolda de 1951 à 2016.



- 19 La figure 4 montre que les fréquences des occurrences légèrement sèches, légèrement humides et modérément sèches sont les plus importantes sur toute la série à la station de Kolda. Cela signifie que la pluviométrie est acceptable pour le développement de l'activité agricole malgré sa variabilité interannuelle, même si elle ne suffit pas pour augmenter les rendements agricoles, car il y a d'autres facteurs (non climatiques) tels que les moyens matériels et financiers, les aptitudes des sols par rapport aux cultures

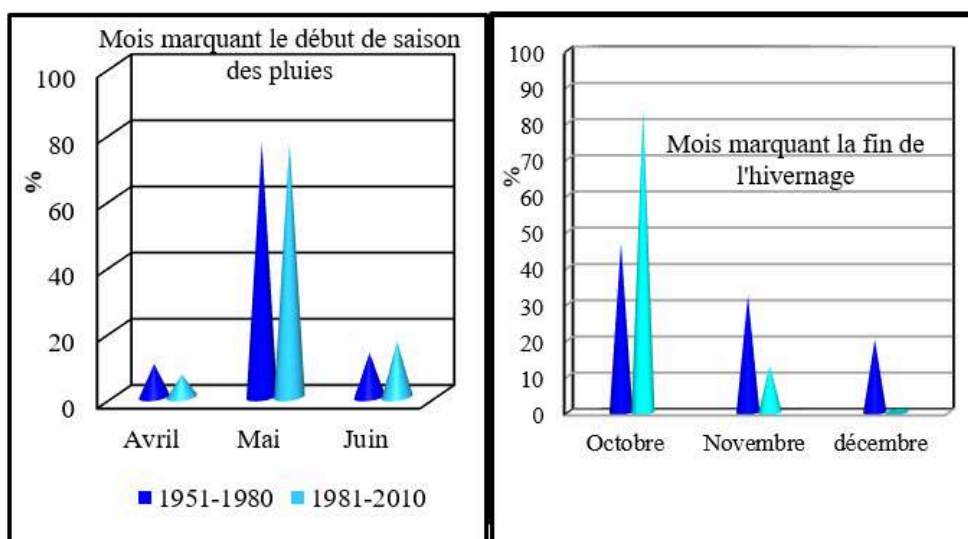
qui sont tout autant déterminants. La figure 5 montre la fréquence des occurrences de sécheresse à la station de Vélingara de 1951 à 2016.

Figure 5 - Fréquences des occurrences de sécheresse à Vélingara de 1951 à 2016.



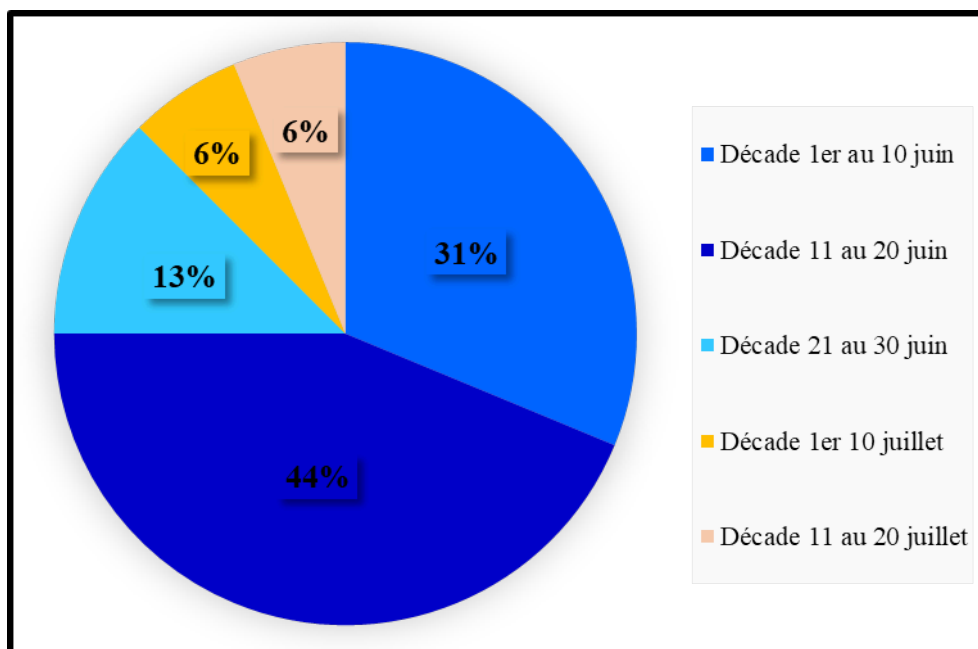
- 20 La faiblesse de l'occurrence sévèrement sèche qui est de 3 % (1951-2016) montre que la région, malgré une variabilité pluviométrique, est bien arrosée (fig. 5). Cela interroge sur le modèle de gestion des ressources en eau dans la zone. Globalement, pour les deux stations (Kolda et Vélingara) étudiées, l'humidité (séquences très fortement, fortement, moyennement et légèrement humides) représente 51,48 % à Vélingara et 52,53 % à Kolda sur la période allant de 1951 à 2016. L'analyse révèle également que la séquence légèrement sèche représente 33,3 % à Vélingara et 31,8 % à Kolda.
- 21 Les totaux pluviométriques n'expliquent donc pas la faiblesse des rendements agricoles dans la région de Kolda. C'est ce qui nous a conduit à l'analyse de l'évolution du début et de la fin de l'hivernage dans la région étudiée (fig. 6).

Figure 6 - Évolution du début et de la fin de l'hivernage selon les normales 1951-1980 et 1981-2010 à la station de Kolda.



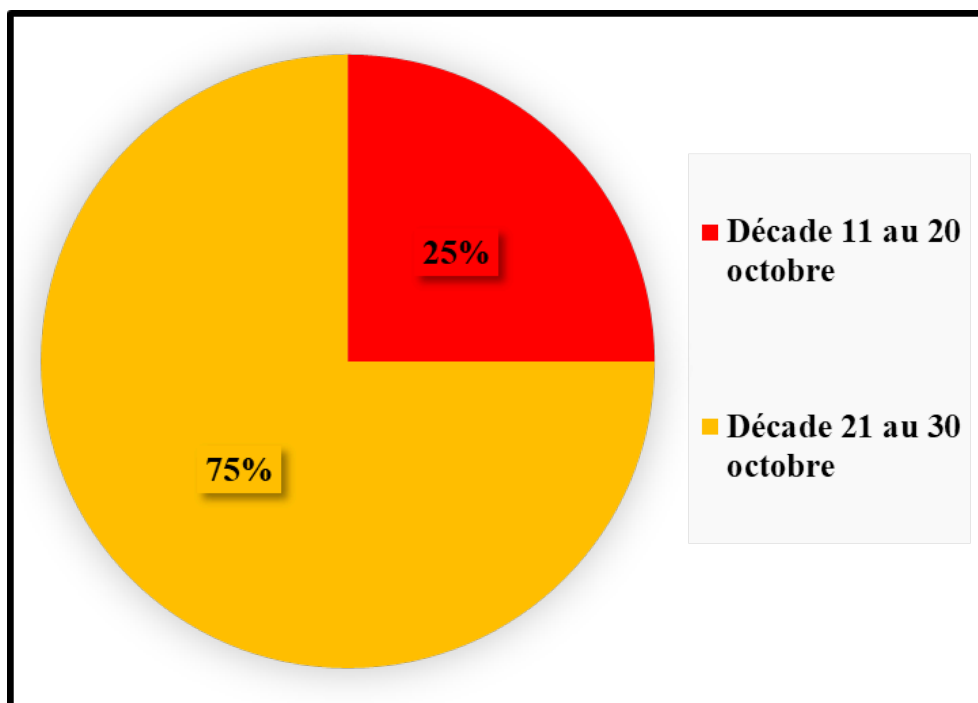
- 22 La figure 6 montre que, sur la période 1951-1980, l'hivernage commence globalement aux mois d'avril (10 %) et mai (76,2 %) à la station de Kolda. Toutefois, on peut lire un décalage (démarrage tardif) durant la deuxième période (1981-2010), qui fait que les premières pluies sont enregistrées, parfois, au mois de juin (16,8 %). Selon nos entretiens, les premières pluies sont même, depuis quelques années, enregistrées au mois de juillet dans la région, cela montre qu'il y a un décalage du début de l'hivernage. La fin de l'hivernage est notée soit en octobre (46,6 %), soit en novembre (32,2 %) ou encore en décembre (20 %) durant la normale 1951-1980. Sur la deuxième normale (1981-2010), la fin de l'hivernage est notée au mois d'octobre pour 83 % des cas, cela montre qu'il y a un arrêt précoce de la pluie comparée à la première normale (1951-1980).
- 23 Au sud du Sénégal, les dates de début et de fin des pluies restent très aléatoires. Pour la détermination de ces dates de début et de fin dans la région de Kolda, nous avons appliqué nos séries de données journalières aux critères de Sivakumar (1988, 1991). Selon cet auteur, la date du début de l'hivernage est le premier jour à partir duquel la pluviométrie journalière cumulée avec celles des deux jours précédents atteint au moins 20 mm, sans qu'il ne soit suivi pendant les 30 jours suivants d'une séquence sèche excédentaire de 7 jours (Houndénou et Hernandez, 1998 ; Gaye, 2017). La date de fin de l'hivernage est le dernier événement de plus de 10 mm non précédé par un épisode sec de plus de 20 jours (Gaye, 2017).
- 24 Ainsi, l'analyse de la figure 7 révèle que les dates de début de la saison des pluies à la station de Kolda de 2001 à 2016 sont enregistrées au plutôt le 1^{er} juin (2012) et au plus tard le 16 juillet (2015).

Figure 7 - Date de début de l'hivernage en fonction des décades à la station de Kolda.



- 25 La fréquence du début de l'hivernage entre le 1^{er} et le 10 juin est de 46 % (fig. 7). La première pluie est enregistrée entre le 1^{er} et le 20 juin pour 75 % des cas. Sur la période 2001-2016, aucune pluie n'a été enregistrée avant le 1^{er} juin à la station de Kolda (fig. 7). Il y a donc un décalage de l'hivernage qui commence de nos jours au plus tôt au mois de juin et au plus tard au mois de juillet.
- 26 Les données objectives renseignent également que, durant la période 2001-2016, les dernières pluies sont enregistrées au plus tard le 30 octobre (2012) et au plus tôt le 11 octobre (2008) à Kolda. Ainsi, aucune pluie n'a été notée au mois de novembre, ce qui signifie qu'il y a un arrêt précoce de la pluviométrie comparée à la période 1951-1980 où l'hivernage s'étendait jusqu'au mois de décembre. Les dernières pluies sont enregistrées entre le 21 et le 30 octobre pour 75 % des cas à Kolda (fig. 8).

Figure 8 - Date de fin de l'hivernage en fonction des décades à la station de Kolda.

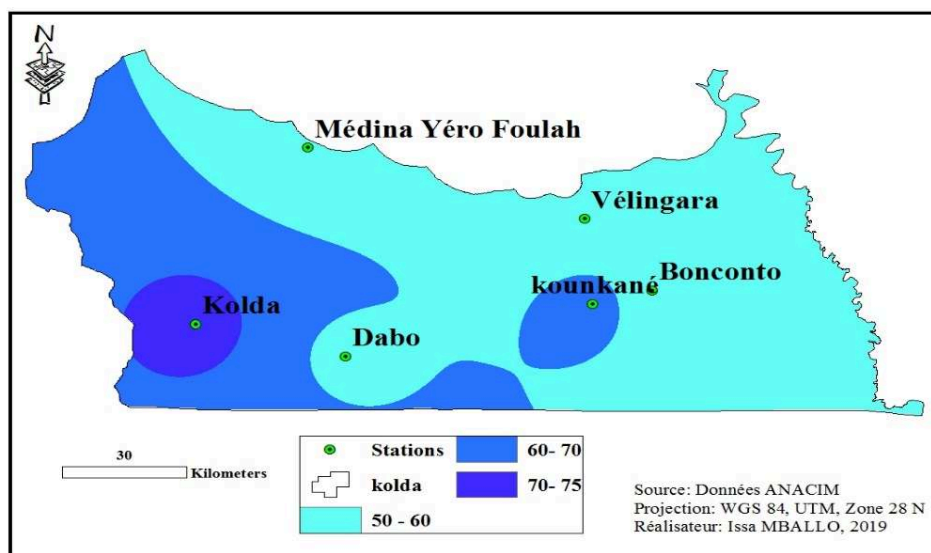


- 27 L'analyse des dates de début et de fin de l'hivernage à la station de Kolda de 2001 à 2016 montre globalement une installation tardive (juin-juillet) et un arrêt précoce (octobre pour 100 % des cas). Par conséquent, on peut apprécier un raccourcissement de la durée de l'hivernage qui est de nos jours de 5 mois comparativement à la période 1951-1980 durant laquelle il s'étendait sur 6 mois.
- 28 L'arrêt précoce ou encore le retard d'installation de la pluie présente des impacts négatifs sur le cycle végétatif des plantes. Cela entraîne aussi une redéfinition du calendrier cultural et un choix de nouvelles variétés plus adaptées aux nouvelles conditions climatiques de la région.

Répartition spatiale du nombre de jours de pluies de 1985 à 2016 durant l'hivernage

- 29 La répartition du nombre de jours de pluies obéit à une dimension spatio-temporelle. Cet indicateur climatique permet d'analyser la qualité de l'hivernage mais surtout d'orienter la politique agricole (calendrier cultural, choix de semences). En fonction du nombre de jours de pluies, des semences à cycle court ou long sont choisies. L'hivernage varie en moyenne entre 73 jours à Kolda et 58 jours à Vélingara pour la série chronologique 1985-2016 (fig. 9).

Figure 9 - Répartition spatiale du nombre de jours de pluie dans la région de Kolda de 1987 à 2016.



- 30 L'examen de la figure 9 montre une variation spatiale du nombre de jours de pluie dans la région d'étude. Le nombre de jours de pluie est en moyenne de 61 jours pour l'ensemble des six stations.
- 31 L'adoption de variétés à cycle court est donc nécessaire à Médina YéroFoulah, à Bonconto et à Dabo où le nombre de jours de pluie est inférieur à 60 jours. Au-delà de ces secteurs géographiques, il faut aller vers la généralisation des variétés à cycle moyen dans toutes les autres zones de la région pour mieux juguler le raccourcissement de la saison des pluies.
- 32 Parmi ces facteurs, on peut considérer la répartition spatio-temporelle des précipitations, la pauvreté des sols, l'ensablement des vallées, la problématique de l'accès aux semences certifiées à temps et au foncier. Cette faible corrélation est plus manifeste avec l'Analyse en Composantes Principales (ACP).

Analyse en composantes principales des données agricoles et de la pluviométrie

- 33 L'Analyse en Composantes Principales (ACP) cherche à synthétiser l'information contenue dans un tableau croisant des individus et des variables quantitatives. Ainsi, produire un résumé d'information au sens de l'ACP, c'est établir une similarité entre les individus, chercher des groupes d'individus homogènes, mettre en évidence une typologie d'individus.
- 34 Plus précisément, il s'agit ici de corrélérer la pluviométrie aux productions céréalières (riz, mil, maïs et sorgho) et industrielles (arachide et coton). Le choix du module d'Analyse en Composantes Principales (ACP), nous a permis de visualiser les résultats suivants : la matrice des corrélations des variables, le tableau des valeurs propres de la matrice de corrélation ainsi que le pourcentage d'explication de chaque valeur propre, et le cercle de corrélations des variables. Le tableau 1 indique les données quantitatives utilisées pour le test de corrélation sur XL Stat.

Tableau 1 - Statistiques sommaires de quelques variables utilisées pour l'ACP de 1984 à 2016 à Kolda.

Variable	Observations	Production minimale (t)	Production maximale (t)	Moyenne	Ecart-type	Coefficient Variation (%)
Mil	31	10472,3000	33661,9000	19466,0968	6490,2199	33,34114682
Sorgho	31	11596,7000	51207,8000	26559,1871	10021,9623	37,73444652
Maïs	31	10567,5000	123816,5000	40317,5323	30951,7982	76,7700711
Riz	31	4659,7000	162964,2000	20566,8516	28084,8595	136,5540047
Fonio	31	38,0000	1763,9000	235,6355	321,3991	136,3967227

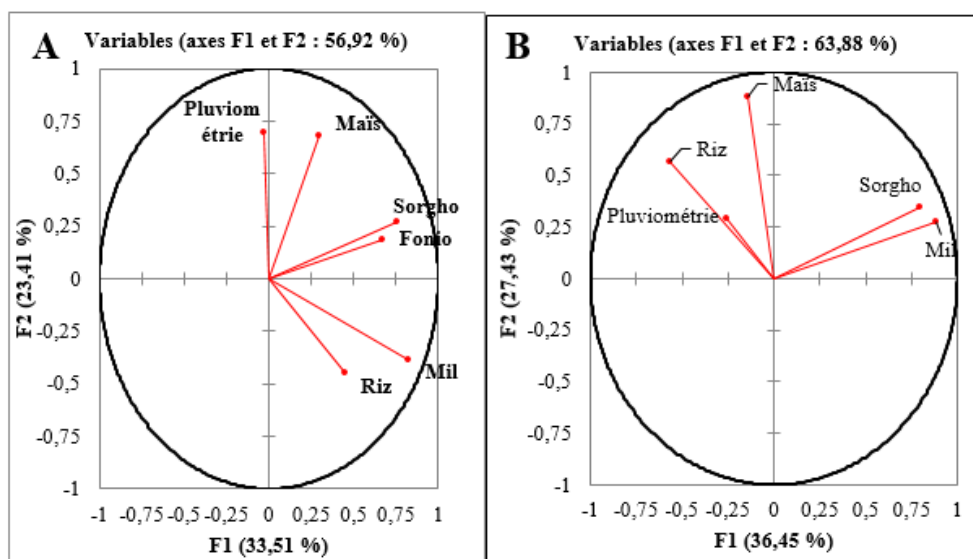
Source - Résultats du traitement des productions sur XL stat

- 35 Au total, six variables sont retenues à savoir le riz, le mil, le sorgho, le maïs et le fonio (*Digitaria exilis*) qui constituent les principales cultures céréalières pratiquées dans la région. Ces variables sont corrélées à la pluviométrie annuelle de la région afin de voir leur niveau de dépendance.

Cercle des corrélations

- 36 Le cercle des corrélations permet de voir, parmi les variables corrélées, les groupes de variables très corrélées entre elles (fig.10), donc son étude est plus simple et plus informative que l'analyse directe de la matrice de corrélation.
- 37 Plus concrètement, il s'agit d'associer à chaque point-variable un point dont la coordonnée sur un axe factoriel est une mesure de la corrélation entre cette variable et le facteur. Dans l'espace de dimension « p », la distance des points-variables à l'origine est égale à 1.

Figure 10 - Cercle des corrélations entre pluviométrie, productions (A) et rendements (B) de mil, de maïs, de sorgho et de riz.



- 38 Les variables continues, excepté la pluviométrie, sont positivement corrélées à l'axe 1. Cette corrélation est de 0,8 pour le mil, de 0,7 pour le sorgho et de 0,2 pour le maïs. Quant aux variables mil et riz, elles sont négativement corrélées à la pluviométrie. La corrélation tantôt négative, tantôt positive (riz et mil) aux axes 1 et 2, signifie que la variation des productions céréalières est liée à plusieurs facteurs à côté de la pluviométrie. Ce résultat laisse comprendre que la pluviométrie n'est pas l'unique facteur qui impacte la variation des productions agricoles dans la région d'étude, et ce point est encore visible avec la matrice des corrélations.

Matrice des corrélations

- 39 La réalisation de la matrice des corrélations est faite avec les variables pluviométrie, productions et rendements de quelques cultures céréalières (mil, riz, sorgho, fonio et maïs). Les résultats ont montré que la corrélation est globalement très faible (tab. 2).

Tableau 2 - Matrice des corrélations de Spearman entre pluviométrie et productions céréalières.

Variables	Mil	Sorgho	Maïs	Riz	Fonio	Pluviométrie
Mil	1	0,4902	-0,0683	0,4387	0,4201	-0,1784
Sorgho	0,4902	1	0,3009	0,0819	0,3561	0,0894
Maïs	-0,0683	0,3009	1	0,0311	0,1778	0,2116
Riz	0,4387	0,0819	0,0311	1	0,0223	-0,0859
Fonio	0,4201	0,3561	0,1778	0,0223	1	0,0420
Pluviométrie	-0,1784	0,0894	0,2116	-0,0859	0,0420	1

Source - Résultats Traitement XL STAT

- 40 Le tableau 2 montre que le mil (-0,1784) et le riz (-0,0859) sont négativement corrélés à la pluviométrie. Cependant, les autres variables (sorgho, maïs et fonio) sont positivement corrélées à la pluviométrie mais faiblement.

Tableau 3 - Matrice des corrélations (Pearson (n)) entre pluviométrie et rendements céréaliers

Variables	Pluviométrie	Mil	Sorgho	Maïs	Riz
Pluviométrie	1	-0,2728	0,0776	0,1750	0,0061
Mil	-0,2728	1	0,6491	0,1420	-0,2928
Sorgho	0,0776	0,6491	1	0,0318	-0,1820
Maïs	0,1750	0,1420	0,0318	1	0,3994
Riz	0,0061	-0,2928	-0,1820	0,3994	1

Source - Résultats Traitement XL STAT

- 41 L'analyse du tableau 3 montre que la corrélation entre la pluviométrie et les rendements de mil est la seule négative. Toutes les autres spéculations sont positivement corrélées à la pluviométrie. La corrélation, certes très faible, est successivement de -0,2 ; de 0,07 ; de 0,1 ; de 0,1 et de 0,006 entre la pluviométrie et les rendements de mil, de sorgho, de maïs, et de riz. Cela veut dire que les quantités de pluie enregistrées sont relativement suffisantes pour développer l'agriculture même s'il faut noter que le véritable goulot est le raccourcissement de l'hivernage.

Stratégies d'adaptation à la variabilité temporelle

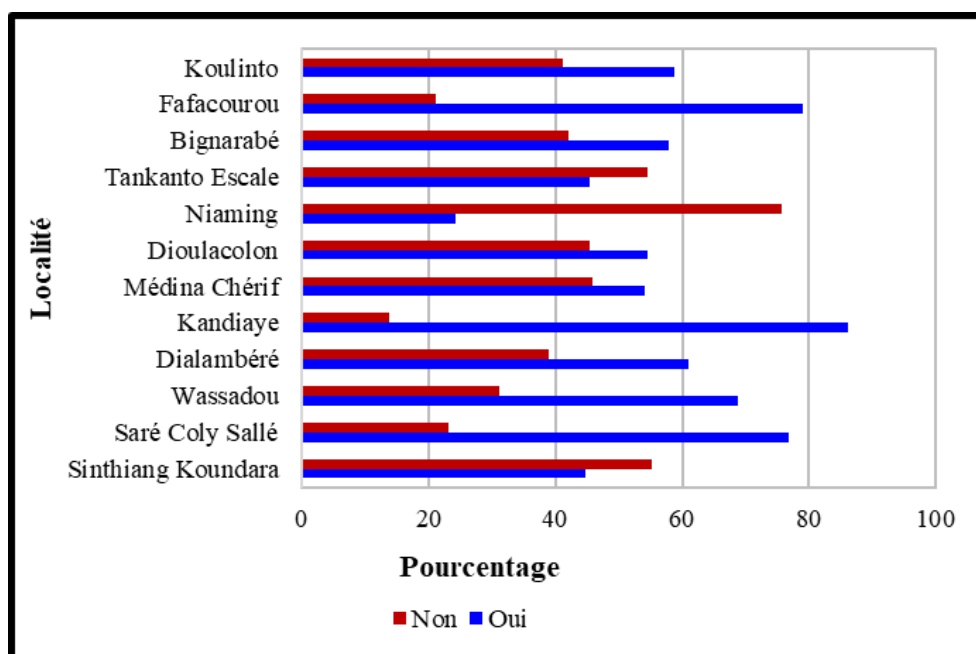
- 42 Face à la vulnérabilité des productions à la variabilité pluviométrique, les producteurs ont adopté un certain nombre de stratégies d'adaptation. Les variétés à cycle court sont de plus en plus privilégiées pour pallier au raccourcissement de la saison pluvieuse. Le calendrier agricole varie ainsi au rythme des saisons, car les dates de semis et de récolte sont conditionnées par la pluviométrie.

Option de variétés à cycle court

- 43 Dans un contexte de variabilité climatique, le choix et le développement de semences à cycle court restent une option déterminante. Pour faire face aux effets néfastes du changement climatique, la majorité (59 %) des producteurs interrogés en moyenne ont adopté de nouvelles variétés à cycle court ou moyen (fig. 11). Ils sont situés pour la plupart dans le bassin de l'Anambé où ils 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.
- 44 L'accès aux semences à cycle court est limité dans certaines communes telles que Fafacourou, Koulinto et Niaming. C'est lié en partie, selon quelques responsables (DRDR, SDDR), à l'enclavement de ces zones mais aussi à leur attachement aux

anciennes variétés. Généralement, dans ces zones, les semences sont issues des récoltes des années précédentes.

Figure 11 - Taux d'abandon des variétés à cycle long. Mballo, 2020

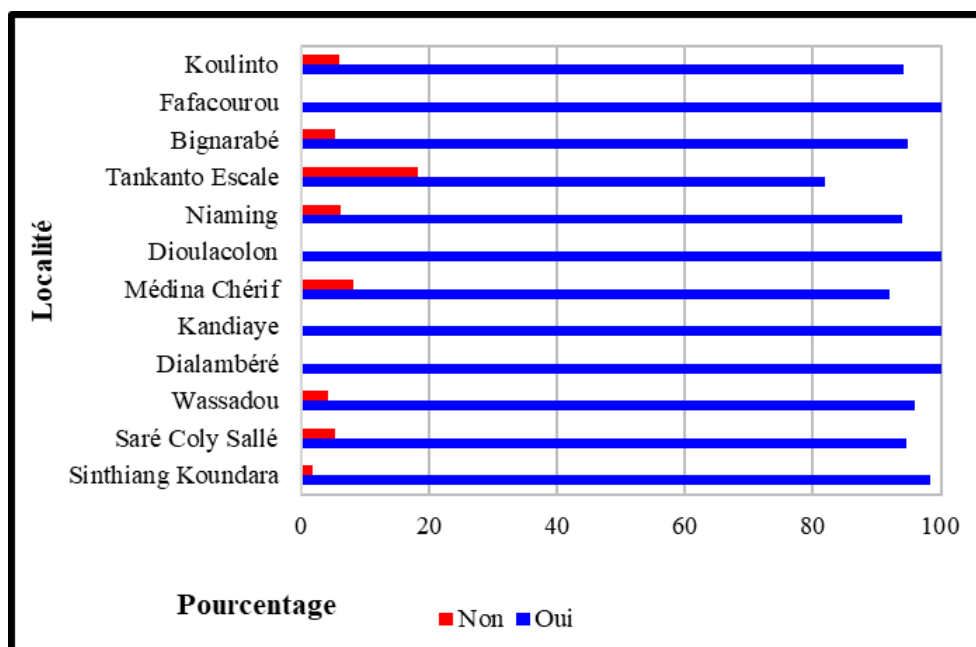


- 45 La figure 11 montre que 76 % des producteurs de Saré Coly Sallé ont abandonné les variétés à cycle long. Le taux d'abandon est de 86 % à Kandiaye, de 68 % à Wassadou et 54 % Médina Chérif. Toutes ces localités se trouvent dans le bassin de l'Anambé. Il y a donc l'influence de la SODAGRI et des structures d'appui au bassin sur l'adoption de variétés à cycle court ou moyen. Le taux d'adoption est plus faible à Niaming (24 %).
- 46 Il ressort de nos entretiens que pour la riziculture, le nérica (1, 2,4 et 6) est fortement recommandé pour le plateau et le sahel-108 pour les cultures de bas-fonds. Pour l'arachide, les variétés 69 et 101 sont conseillées aux producteurs. Selon le directeur du Service Départemental du Développement Rural de Kolda (SDDR), on doit miser sur des variétés résistantes aux conditions climatiques du moment.
- 47 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).
- 48 Il faut que les acteurs du secteur agricole 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. Selon le responsable du P2RS de Kolda, l'accès aux semences constitue le premier facteur de production.

Dates de semis et de récoltes de quelques cultures

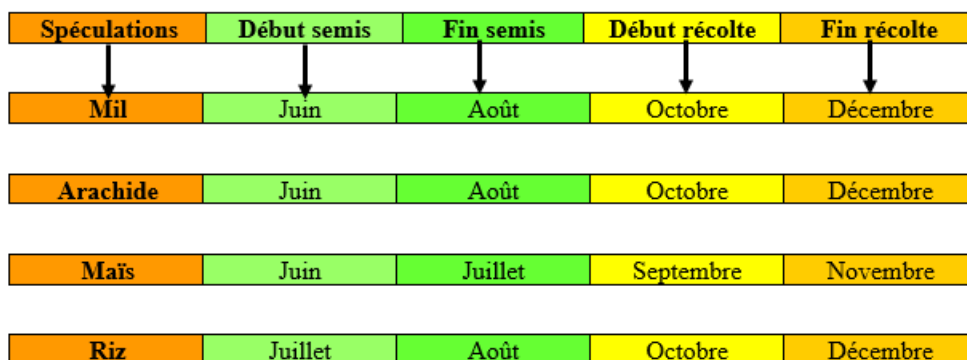
- 49 Les conditions climatiques ont également entraîné une réorganisation de la période de semis (fig. 12), car on note un retard d'installation de la saison des pluies. Les producteurs s'adaptent plus ou moins aux nouvelles exigences climatiques locales.

Figure 12 - Ménages ayant changé de période de semis du fait de la variabilité pluviométrique.



- 50 L'examen de la figure 12 met en exergue la réadaptation des périodes de semis par les producteurs face à la variabilité climatique. Les résultats des enquêtes ont révélé que 98 % des producteurs interrogés à Sinthiang Koundara ont réorganisé leur période de semis. Ce taux est de 81 % à Tankanto Escale.
- 51 Les producteurs préparent leurs champs à partir du mois de mai et attendent la première pluie pour faire le labour ou pour semer (semis en poquets). Ce changement est une conséquence de la restructuration du calendrier qui doit désormais varier au rythme de la saison des pluies.
- 52 Les travaux sont organisés en fonction des années à cause de la variabilité climatique et quelquefois au retard d'acquisition des semences. Les semis sont globalement effectués au mois de juillet pour l'arachide et le mil, en août pour le riz qui fait l'objet de pépinière d'abord avant le repiquage.
- 53 Les récoltes commencent globalement au mois de septembre pour le maïs, au mois d'octobre pour le mil et pour l'arachide (fig. 13). Les entretiens ont montré que la variabilité climatique exige des semis à temps, de cultiver des variétés certifiées et surtout de se conformer au calendrier défini par les services de la météo de concert avec les acteurs agricoles.

Figure 13 - Périodes de semis et de récolte des principales cultures agricoles dans la région de Kolda.



- 54 La figure 13 montre que les semis de mil et d'arachide sont globalement effectués au mois de juin et au plus tard au mois d'août. Les dates de début des semis sont tributaires du début de l'hivernage qui varie en fonction des années mais aussi de la disponibilité des semences. Le riz est semé à partir du mois de juillet jusqu'au mois d'août, car pour la plupart des gens, il nécessite des pépinières qui seront repiquées. Quant à la période de récolte, elle varie en fonction des variétés (cycle court, moyen ou long) mais aussi des moyens (matériels et financiers) dont dispose le chef de l'exploitation agricole.
- 55 Chaque année, des rencontres pré-saisons sont organisées entre les acteurs du secteur agricole. Il en ressort des recommandations au plan organisationnel, technique, politique et climatique. Selon le Directeur Régional du Développement Rural de Kolda (DRDR), il faut une sensibilisation massive sur l'adoption de variétés à cycle court et des semis à temps. Il faut néanmoins que les semences soient mises en place à temps. C'est ainsi qu'une commission locale de distribution de semences a été mise en place et des magasins de redistribution sont aménagés dans les chefs-lieux de communes.

Développement du maraichage, une stratégie de diversification des cultures et des revenus

- 56 Depuis cinq ans, la pratique du maraichage prend de l'ampleur dans la région. Elle a pour objectif central de défendre et surtout de maintenir le niveau de vie des populations. Malgré leur aspect modeste, le maraichage permet de faire face aux défis de la pauvreté.
- 57 Dans beaucoup de communes, le maraichage était une activité réservée aux femmes. Elles le faisaient tout juste derrière leurs cases. Depuis quelques années, l'activité s'est développée 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, il est pratiqué par les jeunes et les femmes.
- 58 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 autour de celles-ci pendant une bonne partie de l'année (fig.14). L'existence de marchés hebdomadaires tels que ceux de Diaobé, Saré Yoba, Témento, Saré Sandiong

entre autres, 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 soit 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.

- 59 Du côté de la SODAGRI, un accent particulier devrait être mis sur le développement du maraîchage compte-tenu de l'influence économique et financière qu'il a sur la promotion de la riziculture irriguée et le financement de l'agriculture. Les revenus tirés du maraîchage servent à financer une partie des travaux rizicoles notamment les prestations de labour et l'achat de semences.

Figure 14 - Parcelle de maraichage à Saré Coly Sallé (gauche) et pépinière de tomates (droite) à Soutouré. Cliché Mballo, 2019



- 60 Le développement du maraichage permet ainsi de réduire l'insécurité alimentaire des populations et d'accroître leurs revenus. 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 ou le paiement des soins médicaux.

Conclusion

- 61 Le caractère globalement pluvial de l'agriculture sénégalaise fait que l'irrégularité des rendements agricoles est très souvent associée aux variations pluviométriques. Et pourtant, cette corrélation peut être moins efficace dans certaines zones du pays, particulièrement au sud, comme en témoignent les résultats de cette étude montrant une corrélation quasi nulle entre les rendements céréaliers et les totaux pluviométriques dans la région de Kolda. En revanche, le calendrier agricole traditionnel est lui soumis à des réajustements en fonction du contexte climatique en vigueur, notamment ce qui concerne ce que nous avons démontré des dates de début et de fin de l'hivernage.
- 62 Les dynamiques vont dans le sens de l'adoption de nouvelles variétés à cycle court et l'association culturale comme mesures de sécurisation du revenu. Le maraîchage, pratiqué dans les plaines inondables ou dans la cour des maisons, fait partie des activités qui assurent la diversification des habitudes alimentaires dans le but de contribuer à la sécurité alimentaire et à la réduction de la pauvreté. Toutefois, les

modifications des conditions climatiques ne suffisent pas à expliquer la dynamique d'ensemble du développement végétatif des cultures et ne saurait constituer un facteur limitatif majeur pour leur production.

- 63 La variabilité climatique pose la problématique de la gestion des eaux d'apport pluviométrique. Les ISP sont de 1,03 à Kolda, de 0,97 à Vélingara, de 1,29 à Dabo, de 1,01 à Kouankané et de 1,13 à Médina Yéro Foulah, ce qui montre que la zone est bien arrosée. Les analyses pluviométriques indiquent aussi des fréquences très importantes de 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.
- 64 Les tests de corrélation entre la pluviométrie et les rendements agricoles, à travers le nuage de points et l'ACP, ont montré une relation essentiellement très faible, ce qui veut dire que cette variable climatique n'est pas le seul facteur qui entrave le développement de l'agriculture dans la région. Des stratégies telles que l'adoption progressive de variétés à cycle court (59 % des ménages) et la rotation culturale (70 %) sont développées pour parer aux risques climatiques. Les entretiens couplés aux observations sur le terrain ont révélé un développement du maraichage dans plusieurs localités dans une perspective de sécurité alimentaire et d'accroissement des revenus monétaires à l'échelle de l'exploitation familiale.

BIBLIOGRAPHIE

- Afouda F. (1990) L'eau et cultures dans le Bénin central et septentrional : Etude de la variabilité des bilans de l'eau dans leurs relations avec le milieu de la savane africaine. Thèse de doctorat, Paris IV-Sorbonne, 428 p.
- Atidegla S.C., Koumassi H.D., Houssou E.S. (2017) « Variabilité climatique et production maraîchère dans la plaine inondable d'Ahomey-Gblon au Bénin », *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 11(5), p. 2254-2269.
- Brou Y.T., Akindes F., Bigot S. (2005) « La variabilité climatique en Côte d'Ivoire : entre perceptions sociales et réponses agricoles », *Cahiers Agricultures*, 14(6), 8 p.
- Carbonnel J.P. & Hubert P. (1994) Etude statistique de quelques séries pluviométriques bulgares et roumaines; incidences sur l'évolution climatique récente. *Romanian J. Hydrol. and Water Resour.* 1, p. 107-113.
- Dacosta H. (1989) Précipitations et écoulements sur le Bassin de la Casamance. Thèse de troisième cycle en Géographie, UCAD, 283 p.
- Djaman K., Balde A.B., Rudnick D.R., Ndiaye O., 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, p. 2873-2888.

- Djohy G.L., Edja H.A., 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*, 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, 338 p.
- FAO (1996) World Food Day, Fighting hunger and malnutrition. Rome, FAO, 16 p.
- FAO (1997) Changement du climat et production agricole. Rome, Polytechnica, 375 p.
- 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. Environnement Science*, 1(1), p. 11-28.
- Gaye D. (2017) « Suivi de la pluviométrie au Nord-Sénégal de 1954 à 2013 : étude de cas des stations synoptiques de Matam, Podor et Saint-Louis », *Norois*, 15 p.
- GIEC (2007) Climate Change 2007. Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri R.K and Reisinger A. (eds.)]. Geneva, Switzerland, 104 p.
- Houndenou C. & Hernandez K. (1998). Modification de la saison pluvieuse dans l'Atakora (1961-1990). Un exemple de sécheresse au nord-ouest du Bénin (Afrique occidentale), *Sécheresse*, 9(1), p. 23-34.
- Jouilil I., Bitar K., Salama H., Amraou I., Mokssit A., Tahiri M. (2013) « Sécheresse météorologique au bassin hydraulique Oum Er Rbia durant les dernières décennies », *Larhyss Journal*, 12, p. 109-127.
- Khoualdia W., Djebbar Y., Hammar Y. (2014) « Caractérisation de la variabilité climatique : cas du bassin versant de La Medjerda (Nord-Est algérien) », *Sciences et Technologies*, 29, p. 6-23.
- McKee T.B., Doesken N.J., Kleist J. (1993) The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales, Anaheim, Preprints, 8th Conference on Applied Climatology, 17-22 January 1993, p. 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, 128 p.
- Nascimento Jr. L., Sant'Anna Néto J.L., Dubreuil V. (2015) Tendances, Ruptures et variabilité hydroclimatiques dans l'état du Paraná - Brésil, Liège, XXVIIIe colloque de l'association internationale de climatologie, 6 p.
- Oldani J. (2007) La météorologie (connaître, prévoir le temps et comprendre les phénomènes météorologiques). Paris, Editions De Vecchi S.A, 224 p.
- Saley M.B., Tanoh 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, 18 p.
- Sall M., Tall S.M., 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), 49 p.

Sané 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, 372 p.

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

Sivakumar M.V.K. (1988). Predicting rainy season potential from the onset of rains in southern Sahelian and Sudanian climatic zones of West Africa, *Agric For Meteorol*, 42, p. 295-305.

Sivakumar M.V.K. (1991). Drought Spells and Drought Frequencies in West Africa. Research Bulletin, Icrisat Sahelian Center Patancheru, Andhra Pradesh, India, 13, 180 p.

Vissin E.W., Kelome N.C., Sintondji L.O., Houssou C.S., Houndenou C. (2015) Perceptions paysannes de la variabilité climatique par les populations de la commune de Zè (République du Bénin). Liège, XXVIIIe Colloque de l'Association Internationale de Climatologie, 6 p.

RÉSUMÉS

L'agriculture familiale s'affiche indéniablement comme un pilier de la sécurité alimentaire nationale sénégalaise. Elle représente près de 80 % des exploitations en Afrique sub-saharienne et emploie 75 % des actifs. Elle se caractérise par l'importance des cultures pluviales (96 % des plantes cultivées), témoignant ainsi de sa dépendance à la pluviométrie saisonnière. Or, le climat est sujet à une variabilité interannuelle et certains parlent même de changement climatique. Cette étude analyse la variabilité pluviométrique et permet d'identifier les stratégies d'adaptation mises en œuvre pour tenter de maintenir un niveau de production permettant de satisfaire les besoins alimentaires des populations. L'étude s'appuie sur le traitement de données agro-climatiques, sur des travaux de terrain (enquêtes et entretien) et sur des tests de corrélation (nuage de points et Analyse en Composantes Principales). Les résultats l'ACP révèlent que l'influence de la pluviométrie sur la variation des productions est faible, car le R^2 (pluviométrie et rendements agricoles) est inférieur à 0,1. Globalement, l'analyse comparative entre les deux périodes de références (1951-1980 et 1981-2010) révèle un raccourcissement de la durée de la saison des pluies à la station de Kolda. Des stratégies telles que l'adoption de variétés à cycle court, le recalage du calendrier cultural selon le contexte climatique en vigueur ont été identifiées.

Family farming is undeniably a pillar of Senegalese national food security. It accounts for nearly 80% of farms in sub-Saharan Africa and employs 75% of the workforce. It is characterized by the importance of rain fed crops (96% of cultivated plants), thus testifying to its dependence on seasonal rainfall. However, climate is subject to inter-annual variability and some even talk about climate change. This study analyses rainfall variability and identifies adaptation strategies implemented to try to maintain a level of production that allows them to meet their food needs. The study is based on agro-climatic data processing, fieldwork (surveys and maintenance) and Principal Component Analysis (PCA). The results show that rainfall was in surplus from 1951 to 1970, in deficit from 1971 to 1990 and irregular (alternating between dry and wet years) from 1991 to the present. As for exits from the ACP, it turns out that rainfall is not the only factor responsible for the variation in production. Strategies such as the adoption of short-cycle varieties, the recalculation of the crop calendar according to the current climate context have been identified.

INDEX

Mots-clés : Variabilité pluviométrique, développement agricole, adaptation, Kolda, Sénégal

Keywords : Rainfall variability, Analysis in Main Components, agricultural development, Kolda and Senegal

AUTEURS

ISSA MBALLO

Laboratoire de Géomatique et d'Environnement (LGE)

Université Assane Seck de Ziguinchor

i.mballo841@zig.univ.sn

OUMAR SY

Laboratoire de Géomatique et d'Environnement (LGE)

Université Assane Seck de Ziguinchor

DEMBA GAYE

Laboratoire de Géomatique et d'Environnement (LGE)

Université Assane Seck de Ziguinchor

BOULY SANE

Laboratoire de Géomatique et d'Environnement (LGE)

Université Assane Seck de Ziguinchor