Belgeo

Revue belge de géographie

1 | 2018

Miscellaneous

La variabilité pluviométrique et ses incidences sur les rendements agricoles dans la région des Terres Neuves du Sénégal oriental

Rainfall variability and its impacts on agricultural yields in the New Land area (Eastern Senegal)

Mbagnick Faye, Ababacar Fall, Guilgane Faye et Etienne Van Hecke

Édition électronique

URL : <http://journals.openedition.org/belgeo/22083>

DOI : 10.4000/belgeo.22083

ISSN : 2294-9135

Éditeur :

National Committee of Geography of Belgium, Société Royale Belge de Géographie

Référence électronique

Mbagnick Faye, Ababacar Fall, Guilgane Faye et Etienne Van Hecke, « La variabilité pluviométrique et ses incidences sur les rendements agricoles dans la région des Terres Neuves du Sénégal oriental », *Belgeo* [En ligne], 1 | 2018, mis en ligne le 20 juin 2018, consulté le 15 janvier 2020. URL : <http://journals.openedition.org/belgeo/22083> ; DOI : 10.4000/belgeo.22083

Ce document a été généré automatiquement le 15 janvier 2020.

Belgeo est mis à disposition selon les termes de la licence Creative Commons Attribution 4.0 International.

La variabilité pluviométrique et ses incidences sur les rendements agricoles dans la région des Terres Neuves du Sénégal oriental

Rainfall variability and its impacts on agricultural yields in the New Land area (Eastern Senegal)

Mbagnick Faye, Ababacar Fall, Guilgane Faye et Etienne Van Hecke

Nous rendons hommage, à travers ce document, à feu le Professeur Jean Baptiste NDONG, qui a lu et corrigé ce travail et n'a pu assister à sa publication. Paix à son âme.

Introduction

- 1 Dans les années 1970, avec les cycles de sécheresses qui ont secoué le monde rural soudano-sahélien africain et sénégalais en particulier, le gouvernement avait pris la décision de réorienter la politique agricole du pays, principalement dans la culture arachidière, qui était à l'époque la principale culture de rente, et les cultures céréalières, pour assurer l'autosuffisance alimentaire. Après des études effectuées dans le bassin arachidier (régions de Fatick, de Kaolack et de Kaffrine) (figure 1), il s'est avéré que les sols, appauvris par des décennies de monoculture arachidière imposée par la colonisation française, ne donnaient que de faibles rendements même avec une pluviométrie abondante. Ainsi, la croissance incessante de la population et l'insuffisance des terres dans certains terroirs ont été à plusieurs reprises à l'origine de nombreux conflits, parfois sanglants, pour accéder aux ressources naturelles.

Figure 1. Localisation des zones de départ et de la zone d'accueil.

- 2 Les études menées par l'Office de la Recherche Scientifique des Territoires d'Outre-Mer (ORSTOM), devenu l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD), ont montré que contrairement au bassin arachidier, qui était surpeuplé avec des sols pauvres, certaines parties du Sénégal disposaient d'importantes potentialités agricoles, notamment la région du Sénégal oriental. C'est dans ce cadre que Léopold Sédar Senghor, premier Président du Sénégal indépendant, et son gouvernement ont décidé de déplacer les personnes des zones à revenu agricole faible vers celles fertiles et peu peuplées du Sénégal oriental, principalement dans la zone sud de Koumpentoum et le nord de l'arrondissement de Makacolibantang appelées plus tard les « Terres Neuves » (figure 1).
- 3 Cette politique de redéploiement vers ces nouvelles terres visait d'une part à décongestionner le bassin arachidier où la concentration de la population conjuguée à la dégradation des sols et à une pluviométrie aléatoire avait rendu les conditions agricoles difficiles, et d'autre part à limiter l'exode rural, notamment l'émigration vers Dakar.
- 4 Il faut signaler que les départs se faisaient sur la base du volontariat, et les volontaires recrutés étaient pris en charge à Fatick. Ils contractaient un engagement de 3 ans à l'issue desquels ils pouvaient, s'ils le voulaient, repartir sans contrainte dans leurs villages d'origine. Le transport gratuit des migrants était organisé par le projet Société des Terres Neuves (STN) mis sur pied par l'Etat pour les futurs colons, qui recevaient une subvention de 40 000 FCFA (61 euros) destinée à couvrir les dépenses en vivres, matériels et abris provisoires. Dix hectares de terres cultivables, dont deux défrichés et essouchés gratuitement par la STN, étaient aussi affectés à chaque famille.
- 5 Les terres nouvellement occupées appartenaient au domaine national, ce qui a facilité leur distribution et le contrôle de leur mise en culture rationnelle conformément aux

plans de développement et aux programmes d'aménagement définis par les pouvoirs publics.

- 6 Cependant, depuis plus de deux décennies, la production agricole des Terres Neuves se trouve confrontée aux aléas climatiques qui prennent de plus en plus d'ampleur. L'évolution climatique défavorable s'est fortement répercutée sur les activités socio-économiques car l'agriculture, principale source de revenu des ménages et garante de la sécurité alimentaire de la population, est largement tributaire des paramètres climatiques et particulièrement de la pluviométrie. En effet, la faiblesse des volumes annuels de précipitations, la fréquence des épisodes secs et le raccourcissement de la saison des pluies affectent considérablement le cycle végétatif des cultures. Les conséquences écologiques de cette variabilité spatio-temporelle de la pluviométrie sont aussi accentuées par la pression croissante de la population sur les ressources naturelles déjà fragilisées par les phases de sécheresses quasi cycliques. Ce contexte socio-environnemental peu favorable est marqué également et principalement par une nouvelle orientation politique agricole amorcée depuis les années 1980 dans le cadre des plans d'ajustement structurel dictés par la Banque Mondiale et le Fonds Monétaire International (FMI), qui s'est avérée peu favorable aux paysans (Fall, 2014). Le désengagement de l'Etat dans le domaine de l'agriculture a conduit à moins d'encadrement et à la fin de l'Etat-providence (pénurie de semences, de matériels et de subventions, inaccessibilité des marchés pour écouler les productions, etc.).

Matériels et méthodes

- 7 Les Terres Neuves (250 km²) sont situées à l'ouest de la région de Tambacounda dans la partie est du Sénégal. Cette zone est comprise entre 13°40' et 13°56' de latitude nord et 14°19' et 14°46' de longitude ouest, c'est-à-dire entre le département de Koumpentoum au nord, l'arrondissement de Makacolibantang au sud-est, la Gambie au sud et la région de Kaffrine à l'ouest. La zone est couverte par les isohyètes de 800 mm au nord et de 900 mm au sud avec un climat de type soudanien caractérisé par une saison sèche allant de novembre à mai, soit 7 mois, et une saison pluvieuse qui dure 4 voire 5 mois, de juin à octobre.
- 8 Les données utilisées proviennent de l'Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie du Sénégal (ANACIM). Les données pluviométriques annuelles analysées concernent la station synoptique de Tambacounda (latitude 13° 46', longitude 13° 41' et 49 m d'altitude) pour la période de 1950 à 2013 et le poste pluviométrique de Koumpentoum (latitude 13° 59' nord, longitude 14° 33' ouest et 18 m d'altitude) pour la période de 1961 à 2013. Le choix de cette station et de ce poste repose sur la qualité et la disponibilité des données et de l'information fournies, mais aussi sur leur situation géographique par rapport aux Terres Neuves.
- 9 Les données agricoles proviennent de la direction de l'agriculture. Elles s'échelonnent de 1987 à 2010 pour le mil (*Pennisetum glaucum*), 1989 à 2010 pour le sorgho (*Sorghum bicolor*) et de 1988 à 2010 pour le maïs (*Zea mays*) et l'arachide (*Arachis hypogaea*).
- 10 La corrélation entre la pluviométrie et la production agricole a fait l'objet de plusieurs études. La pluie constitue certes un déterminant essentiel pour la production agricole en Afrique subsaharienne mais elle n'est pas exclusive (Diop, 2003, 2007 ; Ndong, 2003 ; Seck *et al.*, 2005 ; Adomefa *et al.*, 2006 ; Sambou, 2015).

- 11 Pour étudier la relation entre ces deux phénomènes il est intéressant d'analyser d'abord la pluviométrie. Pour ce faire, nous allons définir la carte des isohyètes, étudier les dates de rupture à travers le test de Pettitt, l'évolution annuelle de la pluie, l'écart à la moyenne de la série et enfin calculer l'Indice de Pluviométrie Standardisée (IPS).
- 12 Le test de Pettitt n'est pas adapté à la recherche de plusieurs ruptures dans une même série. Le test examine l'existence d'une rupture à un instant (t) inconnu de la série à partir d'une formule dérivée de Mann-Whitney (Servat *et al.*, 1998). L'absence de rupture dans la série (xi) de taille N constitue l'hypothèse nulle. Pettitt définit la variable $U_{t,N}$:

$$U_{t,N} = \sum_{i=1}^t \sum_{j=t+1}^N D_{ij} \quad U_{t,N} = \sum_{i=1}^t \sum_{j=t+1}^N D_{ij}$$

- 13 où $D_{ij} = \text{sgn}(x_i - x_j)$ avec $\text{sgn}(Z) = 1$ si $Z > 0$, 0 si $Z = 0$ et -1 si $Z < 0$.
- 14 Il propose de tester l'hypothèse nulle en utilisant la statistique K_N définie par le maximum en valeur absolue de $U_{t,N}$ pour (t) variant de 1 à N -1. Si l'hypothèse nulle d'homogénéité de la série est rejetée, le test propose une estimation de la date de rupture.
- 15 L'IPS ou SPI (acronyme en anglais de Standardized Precipitation Index) (McKee *et al.*, 1993) est calculé de la manière suivante $\text{IPS} = (\text{Pi} - \text{Pm})/S$ avec :
- Pi** = cumul de la pluie pour une année i
- Pm** = moyenne annuelle sur la série considérée
- S** = écart type des cumuls annuels sur la même période.
- 16 Pour rappel, ces tests et méthodes appliqués cherchent à caractériser la variabilité pluviométrique dans la zone des Terres Neuves.
- 17 En ce qui concerne la production agricole, nous analyserons les superficies emblavées pour chaque spéculation ainsi que les rendements obtenus. Les dates de début et de fin de la saison culturale sont importantes mais elles ont été bien définies dans les études antérieures (Sivakumar, 1988 ; Ndong, 2003 ; Sultan, Janicot, 2003 ; Balme *et al.*, 2005 ; Marteau *et al.*, 2010). Le début de la saison des pluies est estimé après le premier mai, lorsqu'aucune période de sécheresse de plus de 7 jours n'intervient au cours des 30 jours suivants. La fin intervient le premier jour sec après le premier septembre qui précède une période de sécheresse d'au moins 15 jours consécutifs.

Résultats

La pluviométrie

- 18 Dans la région de Tambacounda comme dans le reste du Sénégal, la dégradation climatique a entraîné une translation des isohyètes du nord vers le sud (figure 2). La représentation spatiale de la pluviométrie a permis de voir l'évolution spatiale des isohyètes au fil des années et de caractériser ainsi la dynamique des pluies dans la région de Tambacounda. Les sites étudiés sont matérialisés dans le cercle noir (figure 2). La période 1951-1960, comme la normale 1931-1960, est bien pluvieuse. Le secteur Koumpentoum-Tambacounda était entièrement couvert par l'isohyète 900 mm. La décennie 1961-1970, tout comme la précédente, s'est révélée aussi pluvieuse malgré le

léger basculement des isohyètes de 900 mm et de 1050 mm vers le sud. La période 1971-1980 est moins pluvieuse. Le secteur étudié est balayé par l'isohyète 750 mm. Les quantités de pluie recueillies dans cette partie sont 742,9 mm à Tambacounda et 659,3 mm à Koumpentoum. La décennie de 1981-1990 est beaucoup moins pluvieuse. En effet, l'isohyète 750 mm migre complètement au sud. Enfin les années 2000 sont marquées par un retour pluviométrique assez important. La remontée des isohyètes 750 mm et 900 mm met en évidence l'amélioration de la pluviométrie comme plusieurs travaux récents l'ont montré dans les autres régions soudano-sahéliennes de l'Afrique de l'Ouest (Eklundh, Olsson, 2003 ; Olsson *et al.*, 2005 ; Fensholt, Rasmussen, 2010 ; Fall, 2014 ; Marega, 2016), alimentant ainsi le débat sur le reverdissement du Sahel.

- 19 L'analyse des résultats du test de Pettitt permet de constater la présence d'une rupture dans la station de Tambacounda. Cette rupture est notée entre la deuxième moitié des années 1960 et le début des années 1970 (figure 3). Le poste pluviométrique de Koumpentoum est marqué par une absence de rupture dans la série. En effet, cette absence de rupture n'est pas liée à la longueur de la série.

Figure 2. Evolution spatiale des moyennes décennales pluviométriques de la région de Tambacounda.

Figure 3. Rupture dans l'évolution pluviométrique selon le test de Pettitt.

- 20 En d'autres termes, la station de Tambacounda alterne des années de faible et de forte pluviométrie. En effet, les cumuls annuels sont à la hausse jusqu'au milieu des années 1960. De 1967 à 2002, la précipitation annuelle est très irrégulière (figure 4). Elle est majoritairement inférieure à la moyenne de la chronique (852,5 mm) et baisse progressivement jusqu'à atteindre des proportions de 433 mm. Au demeurant, les précipitations ont certes significativement augmenté en 2003 (1066,7 mm), 2008 (1022,5 mm) et 2010 (1031,3 mm) mais la dynamique est toujours à la baisse comme l'atteste la courbe de tendance. Néanmoins, le poste de Koumpentoum montre une forte variabilité sur toute la série (figure 4). Les années de faible pluie prédominent, entraînant une baisse de la moyenne de la chronique (704,8 mm).

Figure 4. Variabilité interannuelle de la pluviométrie.

- 21 La station de Tambacounda a connu en début de chronique une pluviométrie assez abondante allant jusqu'à 1966 (figure 5). Cette phase pluvieuse est interrompue en 1967 par une longue période d'années à pluviométrie déficitaire (1967-2007). Cette période présente tout de même, de forts excédents individualisés qui s'observent en 1971 (25 %), 1988 (23 %), 1994 (33 %) et 2003 (35 %).
- 22 La situation pluviométrique de Koumpentoum est plus instable. Elle alterne des années pluvieuses et des années déficitaires. Les années de pluviométrie très excédentaire sont notées à la fin des années 1960 et 2010 (figure 5). En milieu de série, plus particulièrement de 1970 à 2003, s'observent des années de pluies supérieures à la

moyenne (704,8 mm). Cependant sur 53 années d'observations, le poste de Koumpentoum a eu 28 années déficitaires.

Figure 5. Evolution des écarts à la moyenne en pourcentage de la pluviométrie.

- 23 L'analyse de la pluviométrie à partir de l'IPS montre une discordance dans l'évolution de celle-ci. Les décennies 1951-1960 et 1961-1970 se révèlent pluvieuses pour la station de Tambacounda mais à Koumpentoum la décennie 1961-1970 est modérément humide.
- 24 Cependant, les décennies 1971-1980, 1981-1990 et 1991-2000 ont véritablement fluctué pour Tambacounda et Koumpentoum. Les hauteurs de pluies ont considérablement chuté pendant cette période, entraînant des sécheresses dans certaines années comme 1993 (à Tambacounda), et 1996 (Koumpentoum) (figure 6).
- 25 De 2003 à 2013, nous constatons une amélioration de la pluviométrie avec la singularisation de quelques années humides telles que 2003, 2005, 2008, 2009, 2010 et 2013 pour la station de Tambacounda, et 2003, 2004, 2005, 2010, 2012 et 2013 pour Koumpentoum.

Figure 6. Indices pluviométriques lissés.

L'agriculture

- 26 L'agriculture pratiquée dans les Terres Neuves est essentiellement pluviale et vivrière avec des variétés culturales dont le cycle végétatif coïncide avec l'hivernage. Il s'agit principalement du mil, du maïs, du sorgho et de l'arachide. Les cultures et les rendements sont donc dans l'étroite dépendance des pluies, de leur durée, de leur répartition, de leur abondance ou de leur déficit. Les surfaces cultivées sont variables

d'une spéculation à une autre et d'une année à l'autre. En raison de la grande disponibilité des terres et des mouvements incessants des populations, la surface emblavée dépend de la volonté du cultivateur. Néanmoins, elle ne doit pas dépasser le nombre d'hectares (10 ha) octroyés au départ par la STN.

- 27 Les surfaces emblavées pour chaque spéculation sont représentées sur la figure 7. Il ressort de cette figure une tendance à la hausse sur la période étudiée du maïs et du sorgho et une tendance à la baisse du mil. Toutefois les fluctuations annuelles dominent dans les chiffres et les graphiques. La superficie cultivée pour le mil est variable d'une année à une autre. Ainsi, deux périodes se présentent de 1987 à 2008 et de 2009 à 2011. Dans la première période nous avons 15 années où les superficies emblavées sont supérieures à 30 000 ha. Par contre, la période allant de 2009 à 2011 montre une baisse importante des superficies cultivées. Les surfaces cultivées sont partout inférieures à 20 000 ha.
- 28 Pour la culture du sorgho, nous pouvons discerner trois grandes périodes. Entre 1989 et 1993, les surfaces varient de 8000 ha à 15 000 ha. Ensuite dans la deuxième période, de 1994 à 2008, la surface emblavée a augmenté de manière plus ou moins régulière. Elle varie de 21 000 à 46 000 ha. Enfin de 2009 à 2011, la surface réservée au sorgho a largement chuté (seulement les toutes dernières années, sinon tendance en hausse). Elle s'intercale entre 15 000 et 20 000 ha.
- 29 La culture du maïs est marquée par deux périodes : 1988-1997/1998-2008 et les années 2010 et 2011. Dans la première période les surfaces cultivées ont varié de 21 323 ha en 1988 à 6 608 ha en 1997. En outre, la période qui va de 1998 à 2008 se caractérise par une augmentation fulgurante des surfaces réservées au maïs, passant de 7156 ha en 1998 à 23 148 ha en 2008. Par contre, l'année 2009 est lacunaire. Les années 2010 et 2011 sont marquées par une diminution des superficies. Cependant, malgré cette baisse, nous constatons une hausse des surfaces réservées au maïs.

Figure 7. Superficies emblavées en ha selon les spéculations.

- 30 Très importantes durant la période coloniale et les trois décennies qui ont suivi les indépendances (1960), les surfaces réservées à l'arachide sont aujourd'hui réduites au profit des autres cultures. De 1988 à 1994 la surface cultivée a dépassé largement 50 000 ha. La période 1995-1998 est caractérisée par une diminution des surfaces emblavées (inférieures à 42 000 ha). Cependant, de 1999 à 2011 la surface cultivée est très irrégulière. Cette période présente une alternance d'années de hausse et de baisse des superficies emblavées.
- 31 Contrairement aux surfaces cultivées, nous notons une tendance à la hausse des rendements de céréales (mil, sorgho et maïs). Cette augmentation des rendements s'est surtout accentuée pendant les années 2000. Les valeurs extrêmes ont été relevées essentiellement en 2004 (figure 8). Toutefois, l'évolution des rendements d'arachides montre une tendance à la baisse.
- 32 En ce qui concerne les céréales (mil, maïs et sorgho), les tendances sont les mêmes que pour les moyennes générales du Sénégal. Par contre, pour l'arachide, nous notons une évolution inverse des tendances. Les Terres Neuves sont marquées par une baisse significative de la tendance, alors que celle-ci est légèrement à la hausse pour le Sénégal.

Figure 8. Evolution des rendements en hectare selon les spéculations.

Pluviosité et rendements

- 33 L'analyse de la figure 9 montre qu'il existe une grande dispersion des points pour les rendements du mil, du sorgho, du maïs et de l'arachide d'huilerie. Les coefficients de corrélation sont partout proches de la valeur zéro. Cela implique que les relations entre les totaux annuels des pluies et les rendements des cultures sont faibles dans les Terres

Neuves. En d'autres termes, les totaux annuels pluviométriques ne déterminent pas à eux seuls la faiblesse ou l'importance des rendements agricoles. D'autres facteurs, comme la répartition spatio-temporelle des pluies, influencent l'évolution des rendements.

- 34 Il est intéressant de signaler que, pour une meilleure production agricole, la régularité des pluies est beaucoup plus importante que la quantité de pluie tombée. Une bonne distribution spatio-temporelle des pluies est un élément essentiel pour la croissance et la productivité des plantes cultivées.

Figure 9. Rapport pluviométrie (station de Tambacounda) et rendements selon les cultures.

- 35 Le tableau 1 montre que, sur une période de 22 ans (1989-2010), un bon rendement pour une culture ne signifie pas nécessairement un bon rendement pour toutes les cultures. Toutefois, si on écarte du calcul de corrélation de Spearman les 2 plus grandes différences de rang entre les deux variables (rendements de 2 cultures), les corrélations sont dans de nombreux cas significatives. Ceci s'explique par le fait que dans des années exceptionnelles en ce qui concerne la pluviosité, l'irrégularité frappe différemment les cultures, même si certains facteurs non climatologiques peuvent intervenir (maladies, etc.). Cette observation soutient les conseils incitant les agriculteurs à pratiquer de la 'polyculture' de façon à ce qu'une mauvaise récolte d'une culture soit partiellement compensée par une meilleure récolte d'une autre culture.

Tableau 1. Coefficients de corrélation de Spearman entre les rendements de 4 cultures pour la période 1989-2010 (A, n=22) et, pour la même période, sans les 2 années avec la plus grande différence entre les rangs pour les cultures considérées (B).

A	Sorgho	Mil	Maïs	Arachide
---	--------	-----	------	----------

Sorgho	-	0,52 (0,02)	Non sign.	0,43 (0,05)
Mil		-	Non sign.	Non sign.
Maïs			-	Non sign.
Arachides				-
B	Sorgho	Mil	Maïs	Arachide
Sorgho	-	0,82 (0,01)	0,53 (0,02)	0,69 (0,01)
Mil		-	0,40 (0,10)	0,60 (0,01)
Maïs			-	0,69 (0,01)
Arachide				-

- 36 Il ressort de la figure 9 qu'il y a à première vue une absence de corrélation entre les précipitations annuelles et les rendements des différentes cultures. Pour le sorgho, on peut deviner du graphique une certaine, mais faible, corrélation. Ceci est également visible au tableau 2A pour le sorgho. Cette observation (ligne A du tableau 2) va à contresens de nos attentes. La supposition est donc que les irrégularités saisonnières, par définition différentes d'année en année, peuvent être responsables de cette absence de corrélation basée sur la pluviosité annuelle. En effet, si on écarte les deux années où la différence de rang est la plus grande, on obtient des corrélations significatives (ligne B du tableau 2). Mais même si on tient compte des 22 années tout en considérant seulement une période de la saison des pluies, on obtient dans certains cas une meilleure corrélation. Ceci s'explique par le fait que pendant certaines périodes les précipitations sont plus importantes que dans d'autres. Ainsi, en général, la période de croissance est plus sensible aux précipitations que la période de maturation.

Tableau 2. Coefficients de corrélation de Spearman entre les rendements de 4 cultures et la pluviométrie annuelle et par période.

Rdt et Pmm	sorgho				mil				maïs				arachide			
	pluie total	pluie MJJ	pluie JJ	pluie JJA	pluie total	pluie MJJ	pluie JJ	pluie JJA	pluie total	pluie MJJ	pluie JJ	pluie JJA	pluie total	pluie MJJ	pluie JJ	pluie JJA
A. Coef.cor. Spearman N=22	0,39 (0,10)	0,46 (0,02)	0,47 (0,02)	non sign.	non sign.	non sign.	non sign.	0,37 (0,10)	non sign.	0,44 (0,05)	0,45 (0,05)	0,40 (0,10)	non sign.	non sign.	non sign.	non sign.
B. Coef.cor. Spearman N=20*	0,58 (0,01)	0,69 (0,01)	0,60 (0,01)	0,69 (0,01)	0,51 (0,03)	0,62 (0,01)	0,63 (0,01)	0,56 (0,02)	0,53 (0,02)	0,68 (0,01)	0,63 (0,01)	0,63 (0,01)	0,46 (0,05)	0,52 (0,02)	0,53 (0,02)	0,53 (0,02)

Rdt = rendements ; Pmm = pluviométrie.

MJJ : mai, juin, juillet ; JJ : juin, juillet ; JJA : juin, juillet, août.

Pour les 22 années (A) et pour les 20 années* (B), les 2 années avec la plus grande différence entre les rangs ne sont pas prises en considération.

Discussion des résultats

- 37 L'évolution pluviométrique défavorable notée depuis les années 1970 dans le Sahel n'a pas épargné la partie soudanienne du Sénégal (Ndong, 1995 ; Sagna, 1995, 2007). Cette

évolution s'est manifestée par un basculement des isohyètes vers le sud entraînant la disparition de l'isohyète 1200 mm du territoire. L'application du test de Pettitt, et l'analyse des écarts à la moyenne de la série et l'IPS mettent en exergue ce dérèglement pluviométrique. Les volumes enregistrés ont considérablement fluctué depuis la deuxième moitié des années 1960. A Koumpentoum, même si nous avons constaté une absence de rupture, la pluviométrie avait chuté pendant cette période. Les décennies 1971-1980 et 1981-1990 ont été dans l'ensemble déficitaires. Cette baisse des pluies a cependant perturbé les activités agricoles de la population : la sécheresse augmente la vulnérabilité des sols et des cultures (Tabet-Aoul, Bessaoud, 2009) ; la variabilité intra- et inter-saisonnières des pluies, l'occurrence des phénomènes extrêmes (inondations, sécheresses et vagues de chaleur) et les séquences sèches limitent les rendements. Toutefois, la quantité de pluie tombée ne détermine pas à elle seule la production agricole. C'est ce qui explique que durant certaines années la pluviosité est importante alors que les productions ne le sont pas. Globalement, on assiste même à une absence de corrélation entre rendement et moyenne pluviométrique annuelle, mais nous avons pu démontrer que des corrélations excluant certaines années exceptionnelles ou basées sur une partie de la saison des pluies sont en réalité significatives.

- 38 En dehors de la variabilité de la pluviométrie, l'appauvrissement des sols constitue aussi une contrainte pour une meilleure productivité des cultures. Les paysans exercent une forte pression sur les terres alors que les possibilités de maintenir la fertilité des sols sont limitées (FAO, 1976 ; Ndiaye, Touré, 2010). La majeure partie des paysans fertilise les champs où les rendements ont baissé dans un contexte où l'expansion des terres arables n'est plus possible (FAO, 2000). Ce constat est si vrai qu'il est fréquent de voir un paysan n'utiliser de la fumure organique ou chimique que sur certaines parties de son champ ayant de faibles rendements et non de façon uniforme (FAO, 1996).
- 39 Les paysans ont toujours tendance à mener des actions de réhabilitation et de maintien de la fertilité au niveau de leurs champs, mais ils ne sont pas intéressés par la prévention. Ils cherchent, d'une manière générale, à sauver la terre en cours de dégradation plus qu'à empêcher la terre fertile de se dégrader. Par conséquent, les champs ayant reçu des amendements n'ont pas un niveau de production plus élevé que les champs non fertilisés. Les résultats des enquêtes de terrain corroborent cette assertion. Les analyses de laboratoire ont aussi montré que la teneur des terres agricoles en matière organique est faible : elle varie en moyenne entre 0,7 et 1,4 % (résultats obtenus dans le cadre de la thèse en cours de Faye Mb).

Conclusion

- 40 L'étude des impacts de la variabilité pluviométrique sur la production agricole reste encore d'actualité dans les régions soudano-sahéliennes. En ce qui concerne l'évolution de la pluviométrie, l'Indice Pluviométrique Standardisé (IPS) a montré une fluctuation de la pluie dans les séries chronologiques. Ainsi distinguons-nous des phases humides et des phases sèches à Tambacounda et à Koumpentoum.
- 41 Pettitt nous a permis de relever une rupture dans la station de Tambacounda, mais le poste de Koumpentoum se caractérise par une absence de rupture. Cette rupture est intervenue en 1969. La moyenne pluviométrique avant rupture était estimée à 943,66 mm et celle après rupture était de 720,15 mm, soit une différence de 223,51 mm.

- 42 Au demeurant, nous pouvons retenir au terme de ce travail que les rendements sont liés d'une part à la variabilité et à l'inégale répartition spatio-temporelle des pluies, la fréquence des pauses sèches pluviométriques (l'agriculture des Etats ouest-africains plus particulièrement des Terres Neuves est essentiellement pluviale), et d'autre part à des facteurs structurels liés à l'utilisation des techniques et outils rudimentaires. En effet, le manque de matériels agricoles, de semences de qualités, de fertilisants chimiques ou organiques conjugué aux effets de la dégradation du couvert végétal et de la baisse de la fertilité des sols constituent des contraintes réelles pour le développement agricole. Même si nous notons une légère hausse pour les rendements des céréales, les rendements n'ont pas toujours été à la hauteur des espérances.

BIBLIOGRAPHIE

- ABOSSO S.A., BATHA R.A.S. & DJEUGANG A.B. (2015), « Identification des risques pluviométriques sur la culture du maïs dans l'arrondissement de Penka-Michel, dans les hautes terres de l'ouest du Cameroun », *Afrique Science*, 11, 2, pp. 136-142.
- ADOMEFA K. (2006), *Intégration agricole-élevage Alternative pour une gestion durable des ressources naturelles et une amélioration de l'économie familiale en Afrique de l'Ouest et du Centre*, INERA 2005, Dakar, 370 p.
- BALME M., GALLE S. & LEBEL T. (2005), « Démarrage de la saison des pluies au Sahel : variabilité aux échelles hydrologique et agronomique, analysée à partir de données EPSAT-Niger », *Sécheresse*, 16, 1, pp. 15-22.
- CHARREAU C., FAUCK R. (1965), *Les sols du Sénégal*, ORSTOM-Dakar, pp. 114-128.
- DIOP N. (2003), « Agriculture », in *Atlas du Sénégal*, Paris, éditions Jeune Afrique, pp. 32-37.
- DIOP N. (2007), « Agriculture », in *Atlas du Sénégal*, Paris, éditions Jeune Afrique, pp. 82-85.
- EKLUNDH L., OLSSON L. (2003), «Vegetation index trends for the African Sahel 1982-1999 », *Geophysical Research Letters*, 30 , 8.
- FALL A. (2014), *Le Ferlo sénégalais. Approche géographique de la vulnérabilité des anthroposystèmes sahéliens*, thèse de doctorat, Université Paris 13 Sorbonne Paris-cité, 380 p.
- FAO (1976), *La conservation des sols dans les pays en développement*, FAO, Rome, 92 p.
- FAO (1996), *L'évolution des systèmes de production agro-pastorale par rapport au développement rural durable dans les pays d'Afrique soudano-sahélienne*, Rome, 162 p.
- FAO (2000), *Stratégies en matière d'engrais*, FAO, IFA, 106 p.
- FELLER C., MILLEVILLE P. (1977), « Evolution des sols de défriche récente dans la région des Terres Neuves (Sénégal Oriental) », *Cahiers ORSTOM, Série biologie*, XII, 3, pp. 199-211.
- FENSHOLT R., RASMUSSEN K. (2011), « Analysis of trends in the Sahelian rain-use efficiency using GIMMS NDVI, RFE and GPCP rainfall data », *Remote Sensing of Environment*, 115, 2, pp. 438-451.

- GARENNE M., LOMBARD J. (1988), *La migration dirigée des Séereer vers les Terres Neuves (Sénégal)*, Centre ORSTOM, Dakar, pp. 317-332.
- HANRION C., MERCKY P. (1974), *Projet pilote des Terres Neuves Sud Koumpentoum (1/40 000), Carte des aptitudes des terres – Carte d'utilisation actuelle des terres*, ORSTOM, 75 p.
- LEROUX M. (1983), *Le climat de l'Afrique Tropicale*, Paris, Champion, 633 p.
- LEROUX M. (2000), *Dynamique du temps et du climat*, 2^e édition, Paris, Dunod, 367 p.
- MAREGA O. (2016), *Changements socio-environnementaux et évolution des pratiques agropastorales en Afrique sahélienne : étude comparée entre le Ferlo (Sénégal), le Gourma (Mali) et le Fakara (Niger)* », thèse de doctorat, Université Diderot-Paris 7, 700 p.
- MARTEAU R., SULTAN B., MORON V., BARON C., TRAORE S.B. & BA A. (2010), « Démarrage de la saison des pluies et date du semis dans le Sud-ouest du Niger », in *Risques et changements climatiques*, Actes du XXIII^{ème} Colloque de l'AIC, Paris, AIC, pp. 379-384.
- MAYMARD J. (1974), *Deuxième projet de colonisation de la région des Terres Neuves. Etude de factibilité*, Centre ORSTOM, Dakar, 51 p.
- MCKEE T.B., DOESKEN N.J. & KLEIST J. (1993), « The relationship of drought frequency and duration to time scales », in *Proceedings of the eighth conference on applied climatology, Anaheim, California*, Boston, American Meteorological Society, pp. 179-184.
- NAHAL I. (1998), *Principes d'agriculture durable*, ESTEM, 121 p.
- NDIAYE D.S., TOURE A. (2010), *Best practices: Recueil d'expériences de gestion durable des terres au Sénégal*, Dakar, Projet LADA/FAO- CSE, 98 p.
- NDONG J.B. (1995), « L'évolution de la pluviométrie au Sénégal et les incidences de la sécheresse récente sur l'environnement », in *Sahel, la grande sécheresse, Revue de géographie de Lyon*, 70, 3-4, pp. 193-198.
- NDONG J.B. (2003), « Caractérisation de la saison des pluies dans le centre-ouest du Sénégal », *Publications de l'Association Internationale de Climatologie*, 15, pp. 326-332.
- OLSSON L., EKHLUND L. & ARDÖ J. (2005), « Recent greening of the Sahel trend, patterns and potential causes », *Journal of Arid Environments*, 63, 3, pp. 556-566.
- SAGNA P. (1995), « L'évolution pluviométrique récente de la Grande Côte du Sénégal et de l'Archipel du Cap-Vert », *Revue de géographie de Lyon*, 70, 3-4, pp. 187-192.
- SAGNA P. (2007), « Caractéristiques climatiques », in *Atlas du Sénégal*, Paris, éditions Jeune Afrique, pp. 66-69.
- SAMBOU P.C. (2015), *Evolution climatique récente et stratégies d'adaptation des populations dans les arrondissements de Sakal et Ndande, dans la région de Louga*, thèse de Doctorat unique, FLSH-UCAD, 456 p.
- SECK M., MOUSSA NA ABOU M., WADE S. & THOMAS J.P. (2005), *Adaptation aux changements climatiques. L'étude de cas des systèmes de production agricoles de Sébikotane (Sénégal)*, ENDA Tiers-Monde, 33 p.
- SERVAT E., PATUREL J.E., LUBES-NIEL H., KOUAME B., MASSON J.M., TRAVAGLIO M. & MARIEU B. (1998), « De différents aspects de la variabilité de la pluviométrie en Afrique de l'Ouest et Centrale non Sahélienne », *Revue des Sciences de l'eau*, pp. 363-387.

SIVAKUMAR M.V.K. (1988), « Predicting rainy season potential from the onset of rains in southern Sahelian and Sudanian climatic zones of West Africa », *Agricultural forest and Meteorology*, 42, pp. 295-305.

SULTAN B., JANICOT S. (2003), « The West African monsoon dynamics. Part II: The pre-onset and the onset of the summer monsoon », *Journal of Climate*, 16, pp. 3407-3427.

TABET-AOUL M., BESSAOUD R. (2009), « Adapter les agricultures au changement climatique », *MediTERRA*, pp. 101-136.

RÉSUMÉS

Les Terres Neuves, à l'instar de la région de Tambacounda (est du Sénégal), sont un milieu qui regorge de potentialités agricoles. La culture des céréales telles que le mil, le sorgho, le maïs et l'arachide occupe une place de choix dans la sécurité alimentaire et dans l'amélioration des revenus des paysans. La variabilité spatio-temporelle de la pluviométrie, amorcée depuis les années 1970, a eu des impacts considérables sur les activités agricoles. En effet, le dérèglement de la saison pluvieuse (fortes pluies ou averses, récurrence des pauses pluviométriques, début tardif et fin précoce de l'hivernage) n'est pas sans effets sur la productivité des cultures.

Le présent article se propose de montrer la variabilité pluviométrique dans les Terres Neuves et son influence sur la production agricole. La méthodologie adoptée est basée d'abord sur une approche statistique, avec l'utilisation du test de Pettitt (1979) de l'Indice Pluviométrique Standardisée (IPS) (McKee *et al.*, 1993), de l'écart par rapport à la moyenne de la série et ensuite de la cartographie de l'évolution spatiale des isohyètes. Ces méthodes nous ont permis de comprendre l'évolution de la pluie dans les Terres Neuves et de déterminer les années à pluviométrie excédentaire et celles déficitaires. A travers le test de Pettitt, nous avons observé une rupture dans la station de Tambacounda en 1969 et l'absence de rupture à Koumpentoum. Cette évolution pluviométrique défavorable a cependant des impacts sur l'agriculture de la zone. En effet, l'analyse des résultats sur les rendements montre aussi que durant certaines années la variation des pluies affecte la production agricole.

The New Lands, like the region of Tambacounda (eastern Senegal), are rich in agricultural potential. The cultivation of cereals such as millet, sorghum, maize and peanuts occupies a prominent place in food security and improves farmers' incomes. The spatio-temporal variability of rainfall, initiated since the 1970s, has had considerable impacts on agricultural activities. Indeed, the disruption of the rainy season (heavy rains or showers, recurrence of rainfall, late start and early end of wintering) is not without effects on crop productivity.

This present study seeks to show the rainfall variability in the New Earth and its influence on agricultural production. The methodology adopted is based primarily on a statistical approach with the use of the Pettitt test (1979), the Standardized Rainfall Index (SPI) (McKee *et al.*, 1993), the deviation from the mean of the series and the cartography of the spatial evolution of the isohyets. These methods allowed us to understand the evolution of rainfall in the New Earth and to determine the years with excess rainfall and those with deficit. Through the Pettitt test (1979), we observed a break in the Tambacounda station (1969) and the absence of a rupture in Koumpentoum. This deterioration has, however, impacts on the agriculture of the area. Indeed, the analysis of the results on yields also shows that during certain years, the variation of the rains affects the agricultural production.

INDEX

Mots-clés : variabilité pluviométrique, incidence, rendements agricoles, Terres Neuves, Sénégal oriental

Keywords : rainfall variability, impacts, agricultural yields, New Land, Eastern Senegal

AUTEURS

MBAGNICK FAYE

Laboratoire de Climatologie et d'Environnement (LCE)- Département de Géographie, Université Cheikh Anta DIOP, Sénégal, fayedoudou85@yahoo.fr

ABABACAR FALL

Laboratoire des Sciences et Techniques de l'Eau et de l'Environnement (LaSTEE), École polytechnique de Thiès, Sénégal, Chercheur associé à l'EA 7338 PLEIADE, Université Paris 13, mbayef@gmail.com

GUILGANE FAYE

Laboratoire de Climatologie et d'Environnement (LCE)- Département de Géographie, Université Cheikh Anta DIOP Sénégal, guilganefaye@yahoo.fr

ETIENNE VAN HECKE

Section de géographie, K.U.Leuven, Belgique, Etienne.vanhecke@kuleuven.be