

# Étude de la qualité de la saison pluvieuse en Haute-Casamance (Sud Sénégal)

Tidiane Sané<sup>1</sup>  
Mbaye Diop<sup>2</sup>  
Pascal Sagna<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire d'enseignement et de recherche en géomatique (Lerg), Campus universitaire de l'École supérieure polytechnique de Dakar (ESP), Université Cheikh Anta Diop (Ucad), BP 25275, Dakar-Fann, Sénégal  
<tsane@ucad.sn>

<sup>2</sup> Institut sénégalais de recherche agricole (Isra), Laboratoire d'enseignement et de recherche en héomatique (Lerg), BP 25275, Dakar-Fann, Sénégal  
<n\_diop@yahoo.fr>

<sup>3</sup> Département de géographie, Laboratoire de climatologie et d'environnement (LCE), Université Cheikh Anta Diop (Ucad), BP 5005, Dakar - Fann, Sénégal  
<pascalsagna@hotmail.com>

## Résumé

Le but de ce travail est d'étudier la qualité de la saison des pluies en Haute-Casamance, région considérée comme l'une des plus pluvieuses du Sénégal. Les données pluviométriques journalières des deux principales stations de la zone (Kolda et Vélingara) ont été utilisées. Ce travail montre une nette tendance à la baisse du nombre de jours pluvieux, un raccourcissement de la saison des pluies, surtout au cours des trente dernières années et une fréquence plus élevée des épisodes secs pendant la saison pluvieuse. L'étude montre également que, dans 80 % des cas, la saison des pluies débute au plus tôt au courant de la seconde quinzaine du mois de juin pour prendre fin au plus tard durant la première quinzaine d'octobre. Par ailleurs, tous les mois de la saison pluvieuse sont affectés par les séquences sèches, et la période 1968-1985 reste la plus sérieusement touchée par ces anomalies.

**Mots clés :** climat, étude diachronique, pluviométrie, sécheresse, Sénégal.

## Abstract

### *Rainy season quality study in Upper Casamance (South Senegal)*

The aim of this study is to define the state of quality of the rainy season from 1951 to 2000 in Upper Casamance, an area considered to be one of the rainiest in Senegal. Day laborer rainfall records of the two principal stations of the zone (Kolda and Vélingara) were used. This work shows a clear downward trend in the number of rainy days, a shortening of the rainy season especially during the last thirty years and a higher frequency in dry episodes throughout the extent of the rainy season. The study also shows that there is 80% probability of the rainy season beginning in the second half of June and ending during the first half of October. All the months of the rainy season are affected by dry spells with the 1968-1985 period being most seriously affected by these anomalies.

**Key words:** climate, diachronic study, drought, rainfall, Senegal.

La Haute-Casamance est située au sud du Sénégal dans la région de Kolda. Elle correspond aux départements de Kolda et de Vélingara qui couvrent une superficie d'environ 13 718 km<sup>2</sup>, soit 65 % du territoire de la région de Kolda (figure 1). Elle appartient à la région naturelle de la Casamance située, au plan climatique, dans la zone sud-soudanienne. Cette position lui vaut d'être l'une des zones les plus humides du Séné-

gal. L'économie de cette région repose essentiellement sur l'agriculture et l'élevage, deux activités fortement influencées par le climat. Depuis trois décennies, les conditions climatiques y sont caractérisées par une irrégularité pluviométrique et une mauvaise répartition des précipitations dans l'espace. La Haute-Casamance, à l'instar des autres régions de l'Afrique de l'Ouest [1, 2], a enregistré des périodes de sécheresse plus ou moins profondes.

Tirés à part : T. Sané

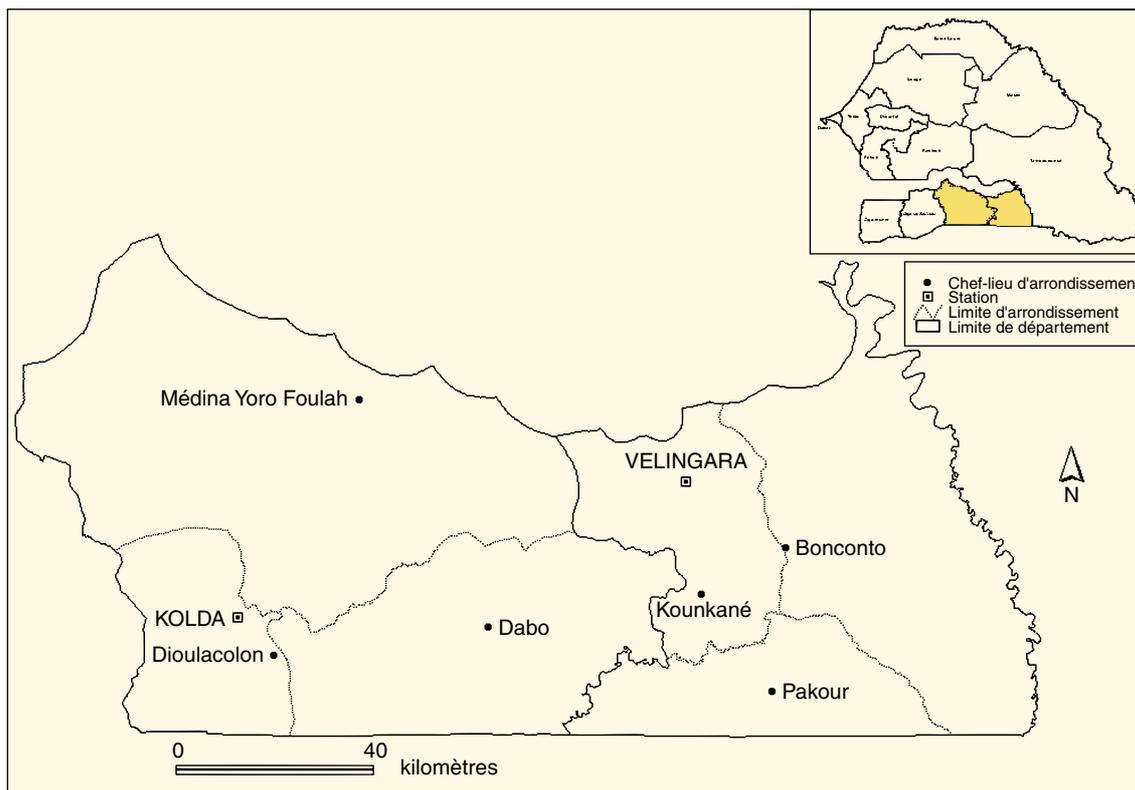


Figure 1. Situation de la Haute-Casamance.

Les manifestations de cette dégradation du climat se caractérisent souvent par une mauvaise qualité de la saison pluvieuse qui sera analysée à travers trois paramètres : le nombre de jours pluvieux, la durée de la saison des pluies et la fréquence des séquences sèches.

## Données et méthode

Les dates de début et de fin de saison pluvieuse en Haute-Casamance sont déterminées à partir des données pluviométriques journalières de 1951 à 2000. Les stations de Kolda (synoptique) et de Vélingara (climatologique) ont été choisies parce qu'elles ont les plus longues séries de mesures.

La détermination de la longueur de la saison des pluies (date de début et de fin) s'inspire des critères définis par Gueye et Sivakumar [3]. La date de début des pluies est le premier jour, après le 1<sup>er</sup> mai, où la pluviométrie cumulée avec celle des deux jours précédents atteint 20 mm et plus, sans qu'il soit suivi pendant les 30 jours suivants d'une séquence sèche excédant 7 jours. La fin de la saison pluvieuse correspond au jour où, après le 1<sup>er</sup> septembre, il n'y a plus de pluie pendant deux décades consécutives. La longueur de la saison des pluies correspond à la diffé-

rence en jours entre les dates de fin et de début des pluies. Le choix de ces critères peut varier d'un auteur à un autre en fonction du climat de chaque région.

Pour chacune des deux stations, on dispose de 50 valeurs de dates de début (resp. fin) de saison des pluies ; pour chaque jour  $x$  de mai à novembre, on compte le nombre de fois où le début (resp. fin) de la saison des pluies a précédé (resp. suivi) cette date. En divisant par 50, on obtient la fréquence cumulée qui permet d'estimer la probabilité  $F(x)$  que la date de début (resp. fin) de la saison des pluies soit antérieure (resp. postérieure) à  $x$ . On donne sur le *tableau 1* les trois valeurs de  $x$  (dates) correspondant à  $F(x) = 80\%$  (8 années sur 10),  $50\%$  (5 années sur 10),  $20\%$  (2 années sur 10) respectivement pour Kolda et Vélingara. Les valeurs (affectées d'un rang  $i$ ) sont rangées par

ordre croissant pour le début de l'hivernage et expriment les dates observées au plus tôt. En revanche, elles sont rangées par ordre décroissant pour la fin de l'hivernage, et expriment les dates observées au plus tard.

C'est ainsi que la fréquence au dépassement (non-dépassement) est obtenue pour le début (la fin) en appliquant la formule suivante :

$$F(x) = \frac{i - 0,5}{N}$$

Où :

- $i$  = rang de l'observation ;
- $N$  = nombre d'observations.

La fréquence des séquences sèches durant la saison pluvieuse est également étudiée. L'état du jour est considéré comme sec si la quantité d'eau tombée est inférieure à 0,1 mm.

Tableau 1. Fréquence d'occurrence de début et de fin de la saison pluvieuse en Haute-Casamance.

Fréquence (%)	Kolda		Vélingara	
	Début	Fin	Début	Fin
20	30 mai	4 novembre	29 mai	2 novembre
50	8 juin	25 octobre	8 juin	21 octobre
80	18 juillet	14 octobre	20 juillet	11 octobre

Soit  $p(i)$  la pluie du jour  $i$ ,  
 - si  $p(i) = 0$  et  $p(i) + 1 \neq 0$ , alors la durée de la séquence est égale à 1 ;  
 - si  $p(i) = 0$ ,  $p(i) + 1 = 0$  et  $p(i) + 2 \neq 0$ , alors la durée de la séquence est égale à 2 ;  
 - si  $p(i) = 0$ ,  $p(i) + 1 = 0$ ,  $p(i) + 2 = 0$  et  $p(i) + 3 \neq 0$ , alors la durée de la séquence est égale à 3, etc.

Les séquences sèches sont classées selon leur durée. Les classes suivantes sont considérées dans cette analyse : 1 à 3 jours, 4 à 7 jours, 8 à 14 jours et enfin les séquences de durée supérieure à 14 jours. Les épisodes secs sont étudiés selon le déroulement de l'hivernage et suivant différentes périodes qui ont marqué l'histoire pluviométrique de la zone d'étude : la période pluvieuse de 1951 à 1967 (série 1), celle de 1968 à 1985 (série 2) caractérisée par un important déficit pluviométrique et celle de 1986-2000 (série 3) qui se particularise par le retour timide des pluies. Nous avons utilisé le test de Student-Fisher pour valider la significativité de la différence entre les différentes périodes choisies. L'application de ce test est faite en utilisant la formule suivante :

$$T = \frac{(x_1 - x_2) / ((n_2 * \text{std}2) + (n_1 * \text{std}1) / (n_1 + n_2 - 2))}{((n_1 + n_2 - 2) * ((n_1 * n_2) / (n_1 + n_2))^2)}$$

Où :

- $n_1$  = nombre d'années de la série 1 (1951-1967) ;
- $n_2$  = nombre d'années de la série 2 (1968-1985) ;
- $x_1$  = moyenne de la série 1 ;
- $x_2$  = moyenne de la série 2 ;
- $\text{std}1$  = écart type de la série 1 et
- $\text{std}2$  = écart type de la série 2

## Analyse et résultats

### Évolution du nombre de jours pluvieux

La longueur de la saison pluvieuse en Haute-Casamance, comme partout ailleurs au Sénégal [3, 4], est tributaire de la translation de l'équateur météorologique. Ce déplacement est caractérisé par une transition rapide entre une première position d'équilibre à 5 °N en mai et en juin, marquant la première saison des pluies en Afrique guinéenne, et une deuxième latitude d'équilibre à 15 °N en juillet et en août, en plein milieu de la saison humide en Afrique soudano-sahélienne [5]. Cette translation de l'équateur météorologique est un indicateur de la durée de la saison pluvieuse. La Haute-Casamance est ainsi, du fait de sa situation au sud du pays, l'une des zones qui reçoivent, en premier et dernier lieu, les

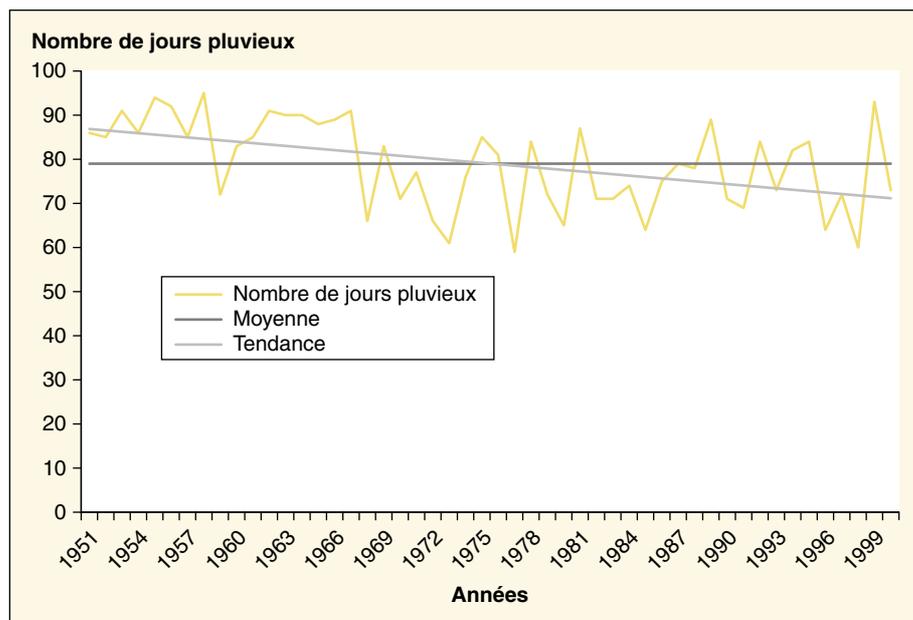


Figure 2. Nombre de jours pluvieux à Kolda de 1951 à 2000.

précipitations. La saison des pluies y dure plus longtemps que dans les zones septentrionale et centrale du pays. Toutefois, les figures 2 et 3 montrent une nette tendance à la baisse des jours pluvieux en Haute-Casamance durant la période 1951-2000. Cette situation corrobore le déficit pluviométrique observé dans la région depuis la fin des années 1960 [6].

Le nombre moyen des jours pluvieux s'élève à 79 à Kolda alors que Vélingara affiche une moyenne de 60 jours. L'importance de la différence entre les deux stations peut s'expliquer, en partie, par leur situation en latitude. Vélingara se trouve dans la zone septentrionale de la Haute-Casamance tandis que Kolda est localisée au sud. Par ailleurs, la position

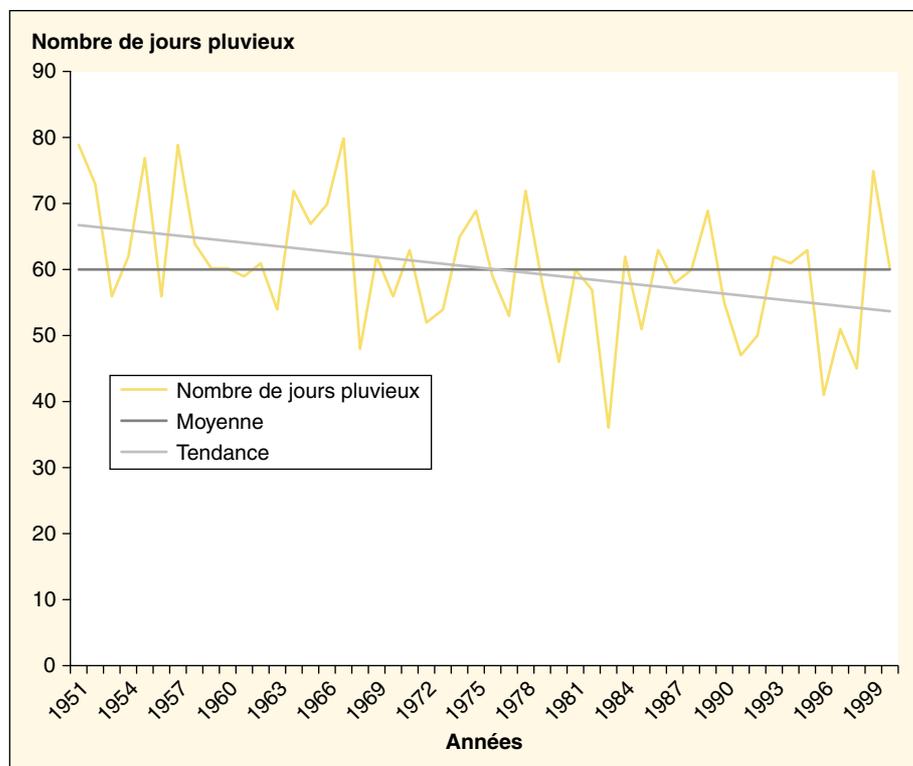


Figure 3. Nombre de jours pluvieux à Vélingara de 1951 à 2000.

méridionale de Kolda est à l'origine d'une activité pluvieuse plus importante. En effet, entre 1951 et 2000, elle a reçu en moyenne 1 115 mm de pluie tandis que Vélingara enregistre une moyenne d'environ 945 mm pour la même période.

L'analyse des courbes d'évolution (figures 2 et 3) montre que les deux stations affichent deux situations légèrement différentes sur l'ensemble de la période retenue. De 1951 à la fin des années 1960, les jours pluvieux sont nettement plus importants. En revanche, du début des années 1970 à 2000, la majorité des années a enregistré des situations largement en dessous de la moyenne avec des records lors des déficits pluviométriques prononcés. C'est notamment le cas en 1977 à Kolda (59 jours) et en 1983 à Vélingara (36 jours).

### Durée de la saison pluvieuse

La durée de la saison pluvieuse est une donnée variable d'une année sur l'autre mais également d'un site à l'autre. Pour Kolda et Vélingara, le tableau 1 donne les dates correspondant à  $F(x) = 80\%$ ,  $50\%$ ,  $20\%$  pour le début et la fin de la saison des pluies.

Il apparaît ainsi que la durée de la saison pluvieuse est plus réduite dans la zone septentrionale de la Haute-Casamance, représentée par la station de Vélingara (figure 4), que dans la partie méridionale représentée par la station de Kolda (non montrée sur la figure).

La durée de la saison pluvieuse est donc, de façon générale, considérablement écourtée au cours de ces trente dernières années en Haute-Casamance. Cette variabilité de la longueur de la saison des pluies selon les années et les sites corrobore les conclusions de Diop [4] et de Camberlin et Diop [7] selon lesquelles le raccourcissement actuel de l'hivernage concerne l'ensemble du Sénégal, avec le début de la sécheresse à la fin des années 1960.

Dans le contexte actuel de grande variabilité et de baisse pluviométrique généralisée [6], les activités agricoles sont grandement affectées, puisque dépendant du climat.

L'approche fréquentielle de la longueur de la saison pluvieuse offre un intérêt certain pour la planification des activités agricoles. En effet, pour minimiser les risques liés au début tardif et à la fin précocée de l'hivernage, les agriculteurs de Haute-Casamance peuvent faire correspondre leurs activités agricoles entre la seconde quinzaine de juillet et la seconde quinzaine d'octobre (fréquence de 8 années sur 10). C'est durant cette période que les risques liés aux aléas climatiques pour les activités agricoles sont moindres.

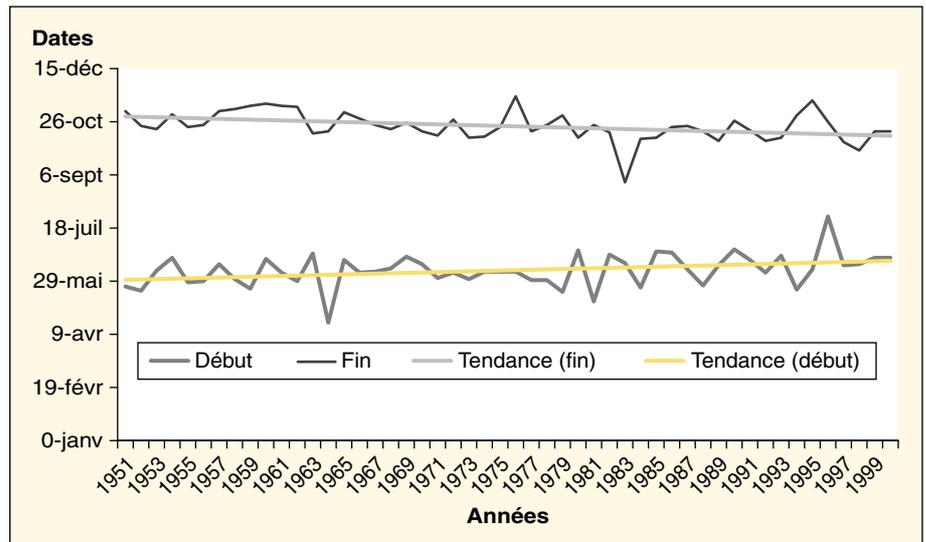


Figure 4. Durée de la saison pluvieuse à Vélingara de 1951 à 2000.

Le raccourcissement de la saison des pluies est aggravé par les séquences sèches qui interviennent fréquemment au cours de l'hivernage.

### Fréquence des épisodes secs au cours de l'hivernage

Les besoins en eau des plantes sont très variables au cours de leurs phases de développement. La précarité des précipitations dans le temps et dans l'espace a des répercussions directes sur les cultures [7]. En effet, l'intervention des épisodes secs durant les phases critiques peut causer sur les cultures des stress hydriques qui diminuent les rendements [8, 9].

Ces différents épisodes sont analysés d'abord pour la saison pluvieuse et ensuite

pour chacune des périodes suivantes : la période humide de 1951 à 1967, la période sèche allant de 1968 à 1985 et la période récente 1986-2000.

#### • Analyse mensuelle des séquences sèches

L'évolution mensuelle des épisodes secs présente globalement deux situations différentes selon les classes d'épisodes retenues. En effet, l'évolution des séquences sèches de la classe 1-3 jours est opposée à celle des autres classes considérées. Les épisodes secs de 1 à 3 jours, qui constituent d'ailleurs les plus importants, augmentent jusqu'en pleine saison des pluies (août-septembre) pour ensuite diminuer rapidement (figures 5 et 6). Quant aux épisodes secs des classes 4-7, 8-14 et plus

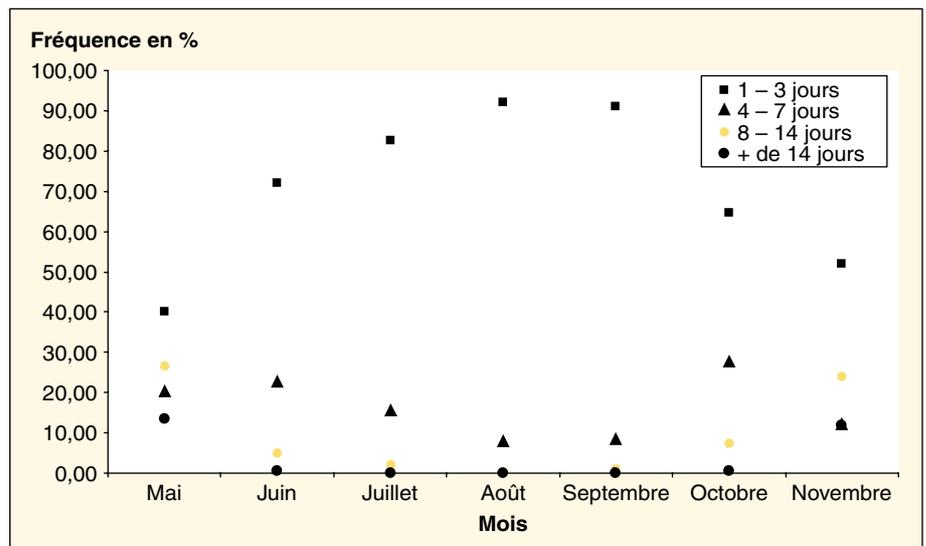


Figure 5. Fréquence des séquences sèches en % à Kolda au cours de la saison pluvieuse (1951-2000).

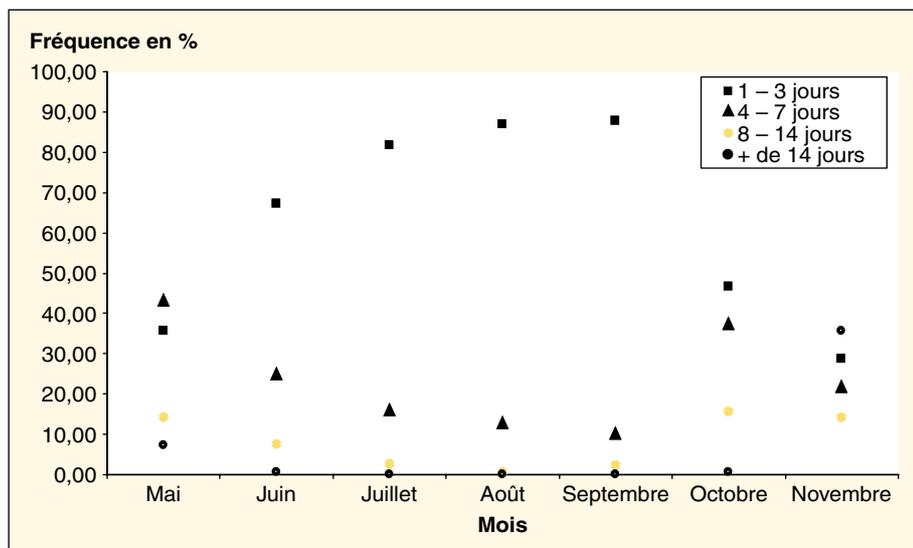


Figure 6. Fréquence des séquences sèches en % à Vélingara au cours de la saison pluvieuse (1951-2000).

de 14 jours, ils diminuent progressivement jusqu'en août-septembre et augmentent ensuite de façon relativement rapide jusqu'en fin de saison pluvieuse. Ces évolutions reflètent l'importance des systèmes convectifs qui assurent l'essentiel des pluies au Sahel en général, et dont l'activité est plus intense en août-septembre [10].

#### • Évolution annuelle des épisodes secs

L'analyse annuelle montre que la fréquence des épisodes secs de 1-3 jours dépasse généralement les 80 % à Kolda et reste globalement en dessous de ce chiffre à Vélingara (figure 7).

Les séquences sèches de 4-7 jours viennent en seconde position et cela, pour

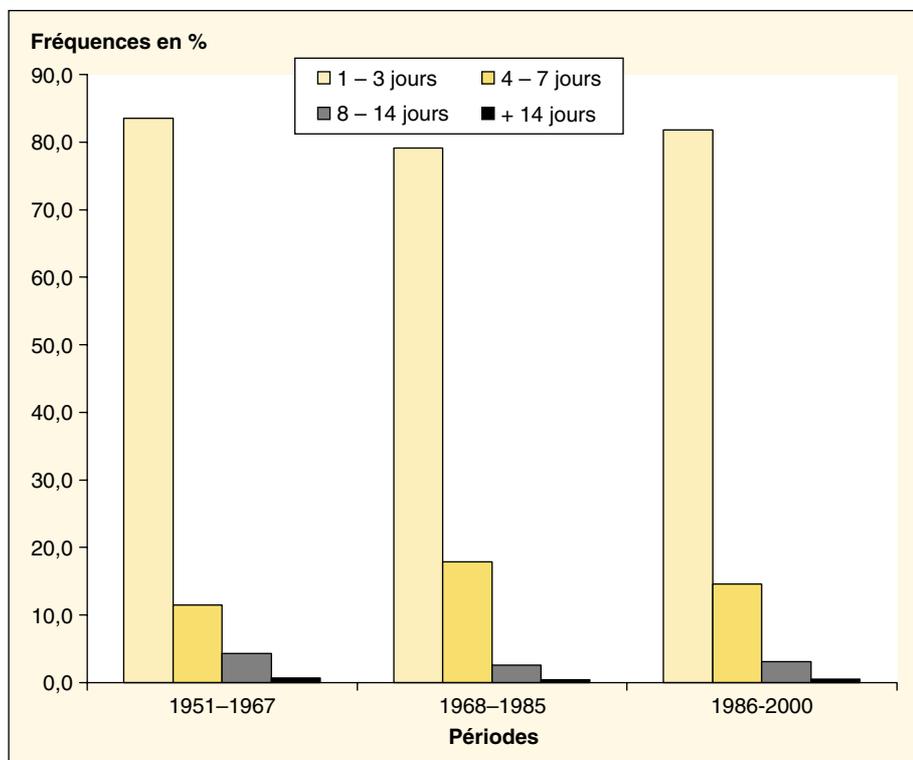


Figure 7. Fréquence des épisodes secs annuels de différentes périodes à Kolda.

l'ensemble des deux stations. Elles ont connu une augmentation au cours des périodes 1968-1985 et 1986-2000 dans les deux stations. Elles sont passées respectivement de 11,5 % en 1951-1967 à 17,9 % en 1968-1985 à Kolda. À Vélingara, elles sont passées de 15 % à 21,7 % entre les mêmes périodes. La fréquence de ces épisodes pendant la période récente de 1986-2000 a diminué par rapport à la période sèche (14,6 % à Kolda et 16,2 % à Vélingara). Les épisodes secs de 8 à 14 jours ont connu une légère baisse durant la période 1968-1985 à Kolda et une hausse à Vélingara. Leur fréquence a augmenté à nouveau à Kolda (3,1 %) en 1986-2000 et a diminué à Vélingara (4,2 %). La fréquence des épisodes secs de plus de 14 jours est faible pour toutes les périodes considérées.

## Conclusion

Cette étude montre une dégradation de la qualité de la saison des pluies. Elle confirme le raccourcissement de la saison des pluies, surtout au cours des trente dernières années. En effet, 8 années sur 10, la saison pluvieuse démarre au plus tôt dans la deuxième décennie de juillet et se termine au plus tard dans la deuxième décennie d'octobre en Haute-Casamance. Le rétrécissement de la durée de la saison des pluies s'accompagne d'une diminution du nombre de jours pluvieux et d'une hausse des épisodes secs de courte durée (1-3 jours) en août-septembre. L'analyse a montré que la période 1968-1985, caractérisée par un déficit pluviométrique sans précédent, a enregistré la plus grande fréquence d'épisodes secs. Ce travail a permis d'avoir une connaissance plus fine de la variabilité intrasaisonnière de la pluviométrie au Sénégal. Compte tenu de l'influence supposée du climat sur l'agriculture, il donne des perspectives intéressantes sur la façon dont le climat agit sur les cultures à travers leurs développements végétatifs et leurs rendements. Cela passera nécessairement par une modélisation qui tienne compte des ruptures récurrentes des pluies au cours du développement de ces cultures. ■

## Références

1. Leroux M. La dynamique de la Grande sécheresse sahélienne. *Rev Geogr Lyon* 1995 ; 70 : 223-32.
2. Sagna P. *Étude des lignes de grains en Afrique de l'Ouest*. Thèse de doctorat de 3<sup>e</sup> cycle de géographie. Dakar, Ucad, 1988.

3. Guèye M, Sivakumar MVK. *Analyse de la longueur de la saison culturale en fonction de la date de début des pluies au Sénégal*. Compte rendu des travaux n° 2. Niamey (Niger) : Centre sahélien de l'ICRISAT, 1992.
4. Diop M. À propos de la durée de la saison des pluies au Sénégal. *Sécheresse* 1996 ; 7 : 7-15.
5. Sultan B, Janicot S. La variabilité climatique en Afrique de l'Ouest aux échelles saisonnière et intrasaisonnière. Mise en place de la mousson et variabilité intrasaisonnière de la convection. *Sécheresse* 2004 ; 15 : 321-30.
6. Sané T. *La variabilité climatique et ses conséquences sur l'environnement et les activités humaines en Haute-Casamance (Sud Sénégal)*. Thèse de doctorat de 3<sup>e</sup> cycle de géographie, université Cheikh Anta Diop de Dakar, 2003.
7. Camberlin P, Diop M. Application of daily rainfall principal component analysis to the assessment of the rainy season characteristics in Senegal. *Clim Res* 2003 ; 23 : 159-69.
8. Le Houerou HN. 1992 : Relations entre la variabilité des précipitations et celle des productions primaire et secondaire en zone aride. In : *L'aridité, une contrainte au développement*. Didactiques. Paris : Orstom éditions, 1992.
9. Assani AA. Variabilité temporelle et persistance des épisodes secs en saison des pluies à Lubumbashi (Congo-Kinshasa). *Sécheresse* 1999 ; 10 : 45-53.
10. Sagna P. *Dynamique du climat et son évolution récente dans la partie ouest de l'Afrique Occidentale*. Thèse de doctorat d'État, université Cheikh Anta Diop de Dakar, 2006.