

Les variations récentes du climat constatées au Sénégal sont-elles en phase avec les descriptions données par les scénarios du GIEC ?

Are recent climate variations observed in Senegal in conformity with the descriptions given by the IPCC scenarios?

Pascal Sagna¹, Ousmane Ndiaye², Cheikh Diop¹, Aïda Diongue Niang², Pierre Corneille Sambou¹

Résumé

La conformité des variations climatiques récentes observées au Sénégal avec les projections du GIEC est le principal objectif de cet article. Les précipitations et les températures ont été analysées afin de montrer leurs variations en rapport avec les projections du GIEC. Malgré la rupture de 1968, qui marque le début de la baisse de la pluviométrie, nous avons noté une amélioration de celle-ci à partir de 1999. Cela se traduit par l'apparition d'années excédentaires, contrairement à la période 1976-1998. Cette irrégularité de la pluviométrie est en phase avec les projections du GIEC qui décrivent aussi bien des hausses que des baisses pour l'Afrique de l'Ouest, sans pour autant qu'il y ait une raréfaction des événements pluviométriques extrêmes (fortes pluies de 2012 et sécheresse de 2014). L'évolution des températures montre une conformité avec les scénarios du GIEC. En effet, il y a une augmentation des températures de la saison fraîche avec une forte variation interannuelle (-1,8 °C à 1,7 °C). Cette élévation de température est aussi observée pour la saison chaude avec une moindre amplitude (-1,7 °C à 1 °C). La tendance générale à l'échelle annuelle confirme une hausse de la température dont le début correspond avec l'avènement de la sécheresse. Face à cette situation, le Sénégal a entrepris une politique volontariste en matière d'adaptation et d'atténuation, conforme aux engagements internationaux.

Mots-clés

climat, variations, Sénégal, scénarios GIEC.

Abstract

The conformity of recent climatic variations observed in Senegal with IPCC projections is the main objective of this article. Precipitations and temperatures were analysed to show their variations with respect to IPCC projections. Despite the 1968 rupture which marks the onset of the drop in rainfall, we have noticed an improvement since 1999. That improvement results in the appearance of wet years, contrary to the period 1976-1998. That rainfall irregularity is in phase with IPCC projections which describe increases and decreases as well for West Africa with extreme rainfall events (2012 heavy rains and 2014 drought). Temperatures variation is in conformity with IPCC scenarios. Indeed, there is an increase in temperatures during cool season with significant inter annual variation (-1.8°C to 1.7°C). That increase is also observed during the warm season with a lesser extent (-1.7°C to 1°C). The general trend of yearly mean temperatures confirms a rise whose start coincide with the onset of the drought. With such situation, Senegal has initiated a willing policy on adaptation and mitigation matters in conformity with the international engagements.

Keywords

climate, variations, Senegal, IPCC scenarios.

(1) Laboratoire de Climatologie et d'Environnement (LCE), Département de Géographie, Université Cheikh Anta Diop, Dakar, Boulevard Martin Luther King x Corniche-Ouest, BP 5005, Dakar-Fann

(2) Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie (ANACIM), Aéroport Léopold Sédar Senghor, Dakar, Sénégal, BP 8184, Dakar-Yoff

Introduction

Le monde entier observe actuellement des modifications importantes des paramètres climatiques dont les plus perceptibles concernent les températures, à travers le réchauffement global et les manifestations de canicule et les précipitations, dont la variabilité se traduit par l'augmentation de phénomènes météorologiques extrêmes, tels la sécheresse, les fortes précipitations entraînant parfois des inondations, des destructions de maisons, etc. Ces derniers impacts, observés annuellement à travers le monde, n'épargnent pas les populations pauvres de l'Afrique occidentale en général et du Sénégal en particulier, qui ne sont pas suffisamment outillées pour y faire face. D'autres impacts, comme l'avancée de la mer et le relèvement de son niveau, l'érosion côtière et des sols, la perte de terres arables et de pâturages, la salinisation de l'eau ou son insuffisance pour les activités humaines, la migration de populations vers des zones plus favorables, etc., sont tout aussi redoutables. Ainsi, les modifications climatiques, appelées changements climatiques, réchauffement climatique ou encore dérèglement climatique, constituent à la fois une préoccupation et un défi majeur pour l'humanité. Elles sont devenues un enjeu de développement car elles « impactent » énormément l'activité humaine et méritent une approche à la fois globale et locale, aussi bien pour la connaissance des mécanismes que pour les stratégies à mettre en œuvre pour atténuer les effets et protéger les populations.

C'est dans ce contexte que la Banque mondiale, dans son rapport de 2010 sur le développement dans le monde, axé plus particulièrement sur la relation entre le développement et la question du changement climatique et dans une perspective de parvenir à des conditions climatiques plus favorables au développement, note que : « *Les pays en développement seront frappés de plein fouet par les effets du changement climatique, alors même qu'ils s'efforcent de vaincre la pauvreté et de promouvoir leur croissance économique. Le changement climatique menace d'accroître encore leur vulnérabilité, de saper les résultats de longues années d'efforts et de gravement compromettre leurs perspectives de développement. Il aggrave les difficultés auxquelles se heurtent les efforts axés sur la réalisation des objectifs de développement pour le millénaire – et la préparation d'un avenir sécurisé et viable au-delà de 2015* » (Banque mondiale, 2010).

Depuis la grande sécheresse (Leroux, 1995) de la zone sahéenne, qui a débuté en 1968 et qui s'est progressivement étendue vers le sud par la

suite, incluant du coup les zones soudanienne et guinéenne, et qui s'est traduite par une diminution de la pluviométrie, un affaiblissement des écoulements, une baisse des nappes phréatiques, un tarissement des puits, un assèchement des mares très recherchées par les éleveurs, une modification importante des pratiques culturelles notamment avec la salinisation des rizières, et par une dégradation considérable du couvert végétal, le Sénégal, comme beaucoup d'autres pays de l'Afrique occidentale, peine à se relever de cette « crise » climatique et environnementale qui plombe les activités économiques, la lutte contre la pauvreté, en somme le développement du pays. « *Des explications nombreuses ont été proposées depuis plus de vingt ans. Se sont succédé ou superposés, en fonction des modes, des engouements plus ou moins passagers, la pluie étant mise en relation, binaire, avec différents paramètres susceptibles de l'influencer ou de la commander* » (Leroux, 1995). Il en conclut que la grande sécheresse sahéenne « *constitue le révélateur d'un retour progressif (mais dramatique) aux conditions qui régnaient avant l'optimum climatique contemporain* », et cela se vérifie à travers la dynamique aérologique qui se traduit par un glissement vers le sud de la structure tropicale, entraînant dans son sillage un recul des structures pluviogènes telles que celles de l'équateur météorologique. En somme, la dynamique aérologique semble être au cœur de l'explication.

La baisse de la pluviométrie, à travers le phénomène de sécheresse, constitue ainsi un véritable fléau, et le Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE) nous le rappelle en ces termes : « *l'eau est étroitement liée à la santé, l'agriculture, l'énergie et la biodiversité. Sans progrès dans le domaine de l'eau, il sera difficile voire impossible d'atteindre les autres Objectifs du Millénaire pour le Développement* » (Kouam-Kenmogne et al., 2006).

Le Sénégal reste donc un pays vulnérable compte tenu de l'importance de sa population rurale, qui vit essentiellement de l'agriculture pluviale, de la forte présence de maladies climato-sensibles, mais aussi du fait que l'urbanisation croissante et incontrôlée et la fréquence de plus en plus importante sur ce milieu urbain de pluies extrêmes plongent périodiquement les citadins dans le désarroi, etc. C'est dire que les variations climatiques observées et à venir, de par leurs extrêmes, constituent une donnée à intégrer impérativement dans les options de développement durable. Sur cette base, déterminer les variations récentes du climat en relation avec les descriptions données par les scénarios du GIEC (Groupe Intergouvernemental d'Experts sur l'Évolution du Climat) revient à apporter des éléments de réponse aux interrogations suivantes :

- Quelles sont les variations récentes du climat observées au Sénégal ?
- Quelles sont les descriptions données par les scénarios du GIEC pour le Sénégal ?
- Est-ce que les variations récentes du climat constatées au Sénégal sont **en phase** avec les descriptions données par les scénarios du GIEC ?

La dernière interrogation semble être le point crucial de notre réflexion sur les variations récentes du climat au Sénégal. Elle suppose une vérification entre les variations observées et les projections du GIEC par rapport à une échelle beaucoup plus vaste, notamment l'Afrique de l'Ouest, et une réalité plus locale, concernant uniquement le Sénégal. Si l'on se réfère au Grand Robert, la phase est chacun des états successifs d'une évolution. C'est donc une période, une étape qui peut être différente des précédentes. La question est donc de savoir si le climat du Sénégal, tel que prévu par le GIEC, varie de la même manière que ce qui a été observé récemment. Autrement dit, il s'agit de vérifier s'il n'y a pas de différences notoires entre les observations et les prévisions.

Après les choix méthodologiques, les résultats seront exposés en trois principaux points. Le premier concerne les précipitations. Le deuxième regroupe les analyses des températures. Le dernier point montre les différences de manifestations de poussières entre deux saisons sèches précédées par des saisons pluvieuses aux pluviométries différentes. À partir de ces résultats, nous évoquerons quelques stratégies du Sénégal pour faire face à cette situation.

1. Méthodologie et analyse des données

Selon Petit (2004), les observations des températures vont dans le même sens que les prévisions théoriques. En effet, la décennie 1991-2000 a été la plus chaude depuis les premiers enregistrements. Ainsi, pour les périodes récentes (à partir de la seconde moitié du XIX^e siècle), les méthodes de la « climatologie traditionnelle »¹ contribuent à l'analyse du changement climatique (Petit, 2004).

Pour analyser l'évolution climatique récente au Sénégal, nous avons utilisé des moyennes et des indices. Les séries chronologiques dépendent des données disponibles à l'Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie (ANACIM) du Sénégal. Nous avons d'abord ciblé, pour la pluviométrie, les stations synoptiques les plus anciennes et les plus complètes, ce qui nous a permis d'en retenir 11, où l'observation a débuté en 1921 et qui représentent les trois zones climatiques du Sénégal décrites dans

¹ Petit parle ici de la climatologie descriptive.

l'Atlas du Sénégal (Sagna, 2007) (figure 1 et tableau 1). La période d'analyse des précipitations commence en mai et se termine en octobre, mois qui marquent le début et la fin de la saison pluvieuse au Sénégal, plus connue sous le nom d'hivernage. Il y a, de ce fait, un léger décalage par rapport à la période prise en compte par le GIEC, qui s'étend d'avril à septembre. Notons que le mois de septembre correspond à la fin de la saison des pluies dans la zone sahélienne, tandis que celui d'octobre marque sa fin dans les zones soudaniennes. Il est donc plus judicieux, pour nous, de prendre en compte l'ensemble de la saison pluvieuse, d'autant plus qu'il arrive que le mois d'octobre soit le plus pluvieux de l'année dans certaines stations du Sénégal.

La mise en évidence de la tendance pluviométrique est complétée par une analyse des saisons pluvieuses 2012 et 2014, car elles constituent des exemples de manifestations du changement constaté dans les précipitations. Au cours de la saison pluvieuse 2012, des précipitations journalières abondantes ont été notées dans certaines localités du pays (Diop *et al.*, 2014), tandis que la saison pluvieuse 2014 a été marquée par un retard des premières pluies dans certaines stations ou par une longue pause pluviométrique après les premières pluies. Cela n'a pas manqué d'inquiéter les paysans, dont l'activité dépend étroitement de la bonne répartition temporelle des pluies durant la saison.

L'analyse de la saison pluvieuse 2014 a été faite sur la base des critères de Guèye et Sivakumar (1992). Ainsi, nous considérons comme date de début le jour où, après le 1^{er} mai, la quantité de pluie cumulée atteint 20 mm en 1, 2 ou 3 jours sans pause sèche supérieure à 7 jours dans les 30 jours qui suivent. Toutefois, pour tenir compte du gradient pluviométrique qui indique au nord une pluviométrie plus faible et soumise à une irrégularité spatio-temporelle, la date de début d'hivernage, dans les stations du nord, est celle où nous avons en 1, 2 ou 3 jours cumulés, reçu 15 mm de pluie sans pause sèche dépassant 10 jours dans les 30 jours qui suivent. Les dates de fin interviennent, après le 1^{er} septembre, lorsque la réserve utile du sol s'épuise. Cette dernière, avec une évapotranspiration potentielle (ETP) de 5 mm par jour², varie entre 80 mm au nord, 100 mm au centre et 120 mm au sud du pays (Diop, 1996). La longueur de la saison culturale représente l'écart entre la date de début et celle de fin de saison culturale.

Les mesures de températures sont récentes. En commençant la série en 1950, nous avons pu retenir 24

² En zone soudano-sahélienne, durant les mois de septembre, les pertes en eau par évaporation ou, globalement, par évapotranspiration atteignent 5 mm/jour (Sarr B., 2006).

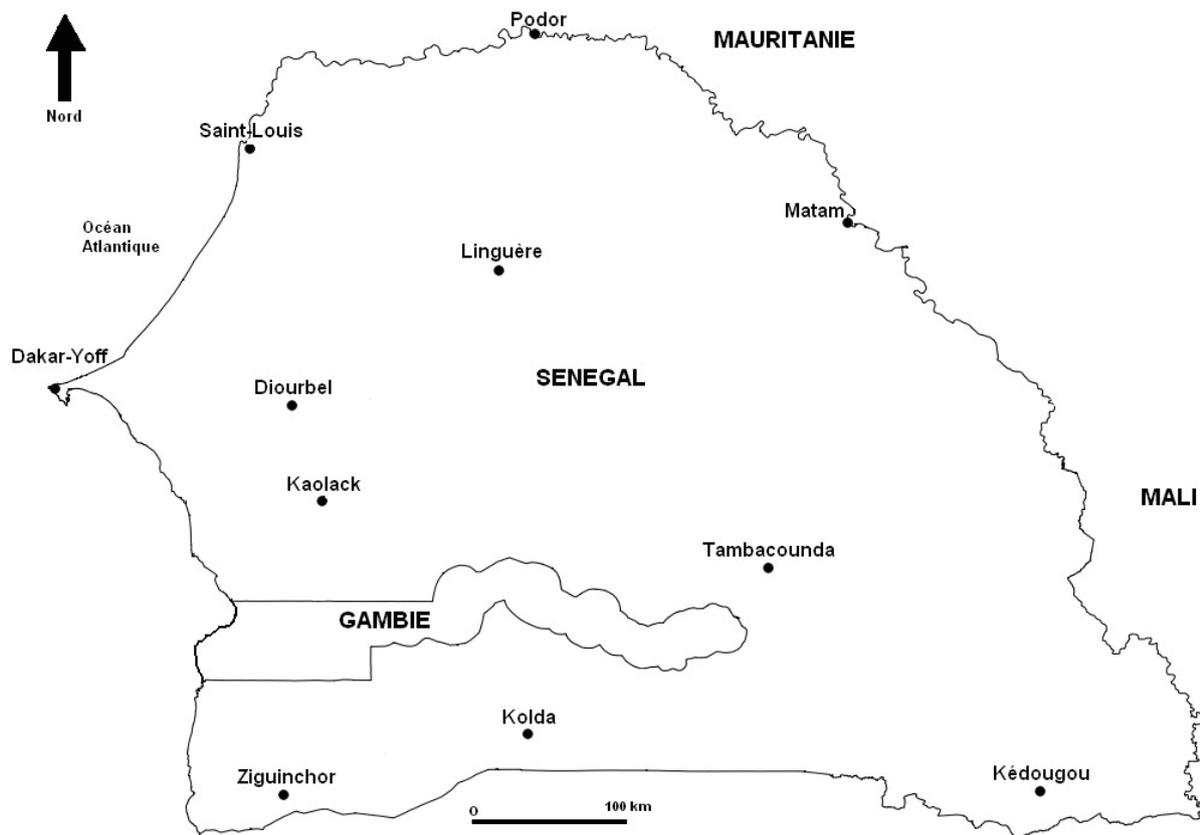


Figure 1. Localisation de onze stations synoptiques du Sénégal.
Location of eleven synoptic Senegalese stations.

Tableau 1. Caractéristiques des stations retenues pour l'analyse des variations climatiques récentes au Sénégal.
Characteristics of chosen stations for the analysis of the recent climatic variations in Senegal.

Zone climatique	Station	Longitude	Latitude	Précipitations. moyennes annuelles (mm)
Zone sahélienne	Saint-Louis	-16,45	16,05	[100-500]
	Podor	-14,93	16,65	
	Matam	-13,25	15,63	
	Linguère	-15,12	15,38	
	Dakar-Yoff	-17,50	14,73	
Zone nord-soudanienne	Diourbel	-16,23	14,65	[500-1000]
	Kaolack	-16,07	14,13	
	Tambacounda	-13,68	13,77	
Zone sud-soudanienne	Kolda	-14,97	12,88	[1000-1500]
	Kédougou	-12,22	12,57	
	Ziguinchor	-16,27	12,55	

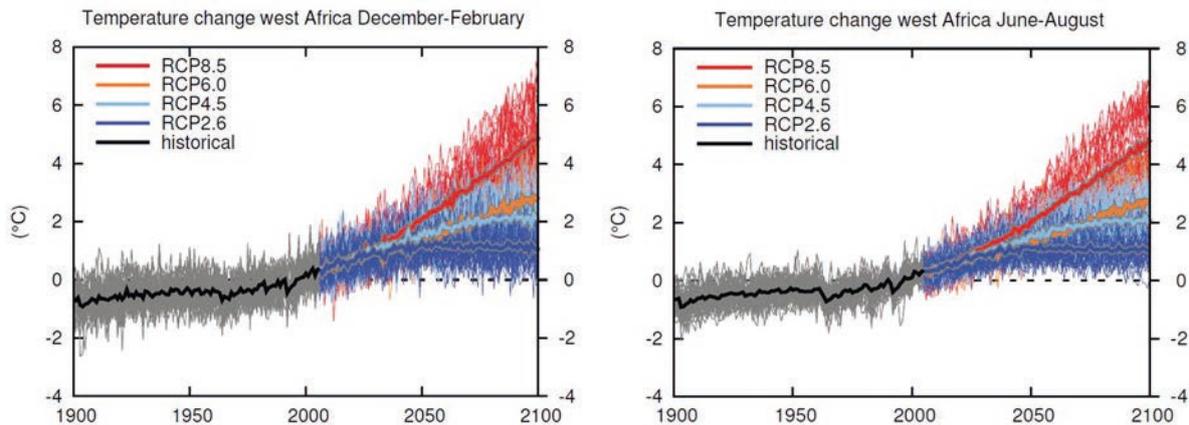


Figure 2. Projections de température en Afrique de l'Ouest (GIEC, 2013).
Temperature projections in West Africa (GIEC, 2013).

stations. Deux saisons ont été distinguées avec, d'une part, la saison fraîche de novembre à mars (5 mois) et, d'autre part, la saison chaude d'avril à octobre (7 mois). Le découpage de l'année en deux saisons est basé sur les températures moyennes mensuelles observées au Sénégal. Ce découpage est différent de celui utilisé par le GIEC, qui concerne, d'une part, la période de décembre à février qui est incluse dans notre saison fraîche et, d'autre part, celle de juin à août qui est aussi au cœur de notre saison chaude. Pour notre part, nous avons tenu à prendre en compte les douze mois de l'année pour être plus exhaustif et plus précis dans l'analyse des variations saisonnières de la température.

Les lithométéores, c'est-à-dire les manifestations de poussière sous diverses formes (chasse sable, tempêtes de sable, brume sèche, brume de poussière, poussière en suspension, etc.), constituent des manifestations importantes dans la caractérisation du temps en Afrique occidentale d'une manière générale, et au Sénégal de manière particulière. On a observé depuis le début de la sécheresse actuelle (à partir de 1968) une recrudescence de leur manifestation, surtout après les années à fort déficit pluviométrique, sur toute la bande sahélienne (Sagna, 2005). Pour illustrer ce lien, nous avons analysé les jours de lithométéores qui se manifestent essentiellement entre novembre et mai au Sénégal, après les hivernages 2012 et 2014. Le mois de novembre correspond au début de la saison sèche sur l'ensemble du territoire sénégalais tandis que celui de mai marque le démarrage de la saison pluvieuse, notamment au sud du pays. Les données ont été tirées des tableaux climatologiques mensuels de l'Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie du Sénégal. Ainsi, deux saisons sèches ont été analysées. La première est comprise entre novembre 2012 et mai 2013, et la seconde entre novembre 2014 et mai 2015.

Le degré de cohérence entre les variations observées et les descriptions données par les scénarios du GIEC

est examiné par une analyse des sens de variation des précipitations, des températures et des phénomènes extrêmes. Ainsi, les changements observés ont pu être comparés au climat prédit par les projections et défini par les précipitations, les températures et les pluies extrêmes.

2. Scénarios du GIEC et résultats de l'étude

2.1. Scénarios du GIEC

Le GIEC a été mis en place pour évaluer l'état des connaissances sur le changement climatique. Il comprend trois groupes de travail qui se consacrent respectivement :

- au phénomène du changement climatique ;
- à ses conséquences et aux moyens d'adaptation ;
- aux stratégies d'atténuation.

Grâce aux travaux du Groupe de Travail I, nous avons des prévisions sur le climat du XXI^e siècle. Elles concernent notamment les températures, les précipitations et les événements extrêmes³. Les projections à l'échelle de la planète et pour l'Afrique de l'Ouest sont faites par rapport à la moyenne 1986-2005. Pour les températures, les projections à l'horizon 2050 ou 2100, aussi bien pour la saison sèche (décembre-février) que pour la saison pluvieuse (juin-août), montrent une tendance nette à la hausse, avec des écarts très significatifs à la fin du siècle par rapport à la situation actuelle (figure 2). Par contre, pour ce qui concerne les précipitations, les résultats obtenus entre avril et septembre, correspondant à l'hivernage dans les zones soudanienne et sahélienne, sont plus mitigés, aussi bien pour 2050 que pour 2100 (figure 3). Les incertitudes dans les projections restent grandes.

³ Beaucoup d'informations sur l'IPCC sont disponibles sur son site : www.ipcc.ch.

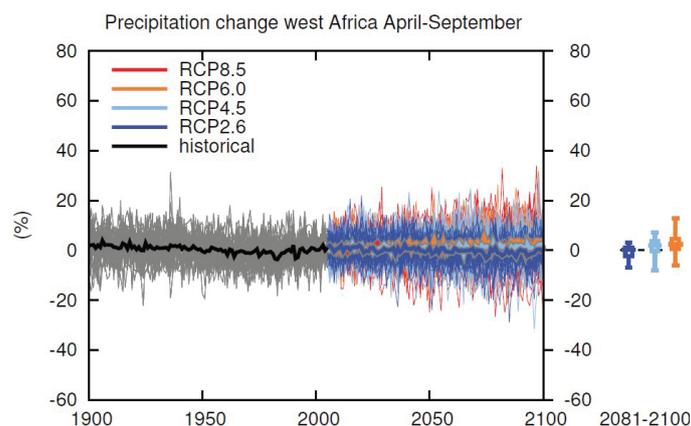


Figure 3. Projections de précipitations d'avril-septembre en Afrique de l'Ouest (GIEC, 2013).
Precipitations projections in April-September in West Africa (GIEC, 2013).

À côté de ces prévisions, l'USAID (U.S. Agency for International Development) a réalisé une étude sur la vulnérabilité du Sénégal face au changement climatique à l'horizon 2030 ou 2050, basée sur l'analyse à l'exposition, à la sensibilité et à la capacité d'adaptation. Se focalisant sur la partie orientale du pays, elle a fait état d'une plus grande vulnérabilité des populations de la partie septentrionale, plus aride, et d'une capacité d'adaptation plus faible de celles-ci, au niveau de la partie méridionale, où les précipitations sont plus abondantes (USAID, 2014). Les projections en termes d'augmentation de la température se rapprochent de 4 °C vers 2050 avec des variantes pour la pluviométrie allant de déficits prononcés à des excédents significatifs. Dans tous les cas, face à cette situation, il faut élaborer à la fois des stratégies d'adaptation et d'atténuation en vue de limiter la baisse de la production, surtout agricole, mais aussi la hausse des températures.

2. 2. Résultats de l'étude

2. 2. 1. Analyse des précipitations au Sénégal de 1921 à 2014

L'analyse de l'évolution pluviométrique du Sénégal de 1921 à 2014 nous permet de diviser la série en deux périodes :

- une première période humide de 1921 à 1967, soit sur 47 ans, avec une pluviométrie moyenne de 803,2 mm ;
- une deuxième période sèche de 1968 à 2014, soit aussi sur 47 ans, avec une moyenne pluviométrique de 613,8 mm (figure 4).

Le déficit de la deuxième période par rapport à la première est de 23,6 %. L'année 1968, qui marque

le début de la sécheresse actuelle, se retrouve avec un déficit de 25,9 % et appartient au groupe des dix années les plus déficitaires au Sénégal.

La période pluvieuse renferme sept années déficitaires, constituées par 1921, 1931, 1941, 1942, 1944, 1945 et 1959, qui représentent 15 % de la série, et quarante années excédentaires, soit 85 %, par rapport à la moyenne générale des 94 années. Elle peut se subdiviser en deux sous-périodes humides, dont la première s'étale de 1921 à 1940, soit sur 20 ans, et la deuxième de 1946 à 1967, soit sur 22 ans. Elles sont séparées par deux courtes périodes sèches entre, d'une part, 1941 et 1942, et, d'autre part, entre 1944 et 1945 (figure 4).

La période sèche renferme huit années excédentaires (1969, 1975, 1999, 2003, 2005, 2009, 2010 et 2012), soit 17 % et trente-neuf années déficitaires, soit 83 %. Elle peut aussi se subdiviser en deux sous-périodes, dont la première, de 1968 à 1998, est remarquablement déficitaire, et la deuxième, de 1999 à 2014, se retrouve avec une amélioration de la pluviométrie qui se traduit par une apparition plus fréquente d'années excédentaires. Ainsi, les quantités n'augmentent pas ou ne baissent pas d'une année à l'autre. Cela montre, en partie, le caractère peu prévisible de la pluviométrie au Sahel. Malgré tout, la tendance globale de la pluviométrie, entre 1921 et 2014, reste à la baisse.

2. 2. 2. Analyse des précipitations des années 2012 et 2014 au Sénégal

Les années 2012 et 2014 permettent d'illustrer la grande variabilité interannuelle de la pluviométrie au Sénégal. La première représente 108,9 % de la pluviométrie moyenne du Sénégal, tandis que la seconde se retrouve avec 76,5 %.

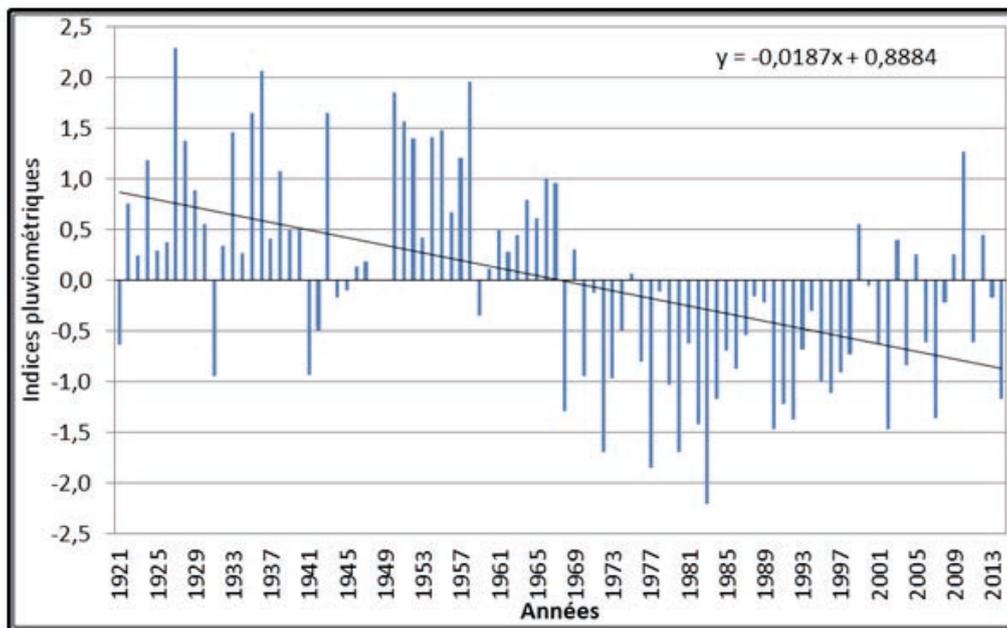


Figure 4. Évolution interannuelle des indices pluviométriques du Sénégal de 1921 à 2014.
Interannual evolution of rainfall indexes in Senegal from 1921 to 2014.

2. 2. 2. 1. Les précipitations de 2012 et leurs impacts au Sénégal

L'hivernage 2012 s'est surtout illustré par ses fortes précipitations journalières intervenues en août et septembre. Dakar, dans la zone sahélienne, enregistre 160,8 mm le 26 août, Bambey, dans la zone nord-soudanienne, se retrouve avec 102 mm, et Kolda, dans la zone sud-soudanienne reçoit 125,8 mm le 6 septembre (figure 5). Plusieurs autres villes et localités ont dépassé aussi les 100 mm, notamment à Touba, Taïf, Fatick, Kaolack, Guinguinéo, Ourosogui, etc.

Globalement, ces fortes précipitations ont engendré des impacts multiples et variés. Pour la Direction de la Protection Civile (DPC, 2013), de tels impacts liés à la pluviométrie, surtout en milieu urbain, n'ont jamais été enregistrés auparavant. Ils sont liés à la conjonction de plusieurs facteurs parmi lesquels on a les quantités pluviométriques exceptionnelles avec parfois de très fortes intensités, la nature du sol qui est parfois argileux, ce qui ne favorise pas l'infiltration, les failles dans l'aménagement urbain avec, surtout dans les quartiers périurbains, un non-respect notoire des règles d'urbanisme et l'existence d'un nombre impressionnant de quartiers irréguliers, l'occupation de zones *non aedificandi*, c'est-à-dire impropres à l'habitat à cause du risque élevé d'inondations, l'insuffisance du réseau d'assainissement pour l'évacuation des eaux pluviales, etc.

Les conséquences, liées aux fortes précipitations de 2012, ont causé la mort de 26 personnes et des blessures chez 38 autres. Treize des quatorze régions administratives du pays ont été affectées. Les autres impacts ont concerné les inondations des maisons,

des écoles, des établissements sanitaires, des lieux de culte, des routes et des places publiques (tableau 2).

À Dakar, de manière particulière, la pluie du 13 août a entraîné l'effondrement d'un mur et causé la mort de 6 personnes (Sarr, 2012). Des quartiers résidentiels, qui n'ont jamais connu les inondations car celles-ci concernaient davantage la banlieue, se sont retrouvés sous les eaux, et beaucoup de citoyens ont été obligés de cohabiter avec les eaux jusqu'à la fin de la saison pluvieuse. Ouest-Foire est un exemple de ces quartiers résidentiels qui ont découvert les affres des inondations en 2012 (photo 1).



Photo 1. Inondation au quartier Ouest-Foire à Dakar (C. Diop, septembre 2012).

Flood in Ouest-Foire district in Dakar (C. Diop, September 2012).

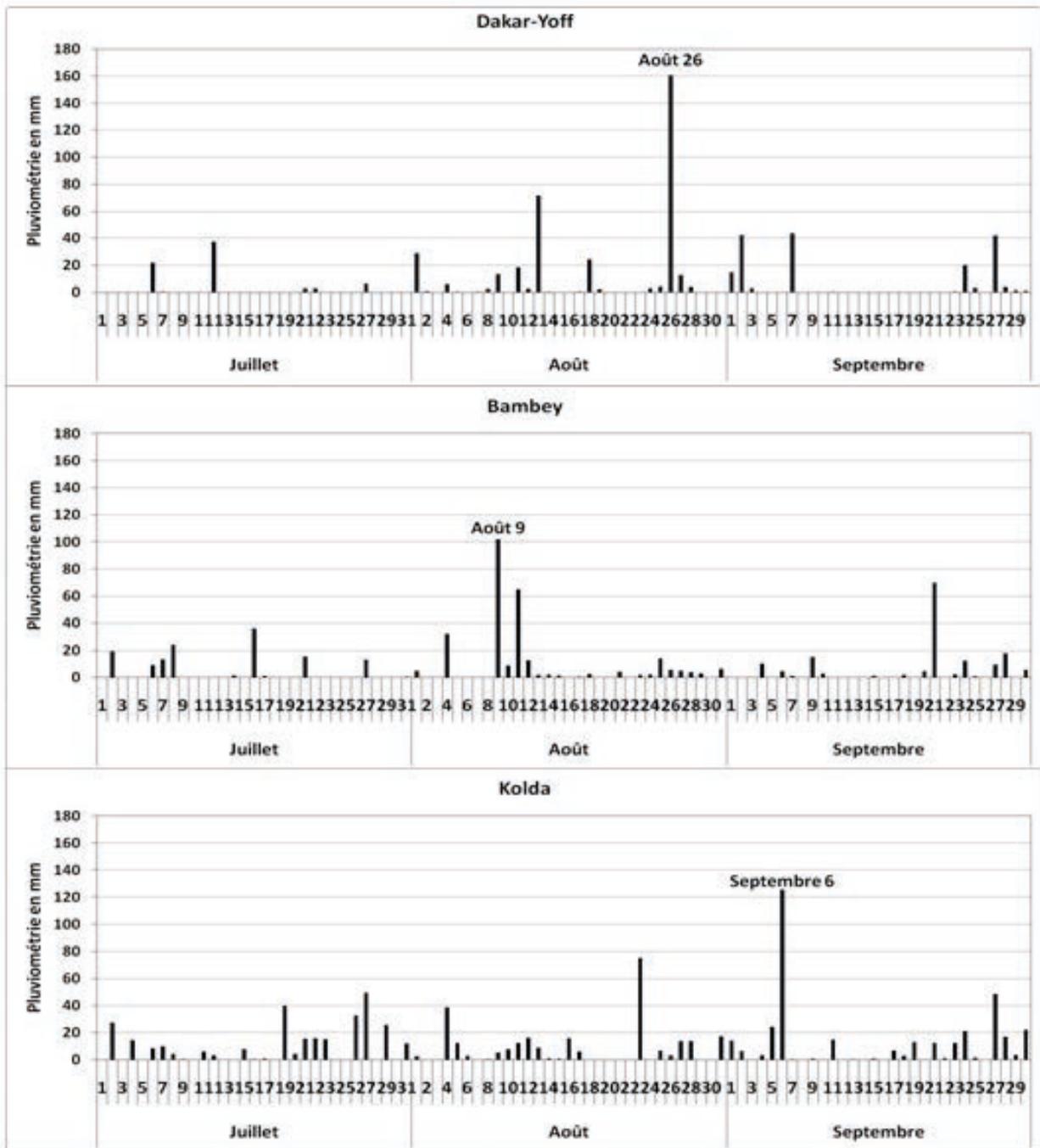


Figure 5. Pluviométrie journalière en juillet-septembre 2012.
Daily rainfall in July-September 2012.

Tableau 2. Inondations causées par les pluies de la saison pluvieuse 2012 au Sénégal (source DPC, 2013).
Floods brought by the 2012-rainy-season rains in Senegal (DPC, 2013).

	Écoles	Établissements sanitaires	Maisons	Lieux de culte	Routes	Places publiques
Nombre	169	20	7 737	32	654	18

La ville de Bambey (au centre du pays) a été sévèrement affectée par les fortes pluies de 2012. Selon Ndour (2015), des maisons ont été détruites, notamment celles construites en banco avec un toit en zinc. Selon la Mairie, 394 familles se sont retrouvées sinistrées. En outre, les inondations ont perturbé les activités commerciales et le transport.

La ville de Kolda a aussi enregistré des dégâts énormes consécutifs aux pluies de 2012. Manga (2015) y a noté des inondations vécues par 90 % des personnes qu'il a interrogées. Les ménages ont aussi subi des pertes matérielles et de provisions. Des maisons en banco ont été détruites. Les inondations ont entraîné des difficultés pour certaines activités professionnelles et par conséquent des pertes de revenus.

2. 2. 2. 2. Les impacts agricoles des hivernages 2012 et 2014 au Sénégal

Le caractère excédentaire et déficitaire des hivernages 2012 et 2014 est visible à partir des dates de début et de fin et de la durée des différentes saisons culturales. Concernant les dates de début, en 2012, la saison culturale a démarré, en moyenne, le 2 juillet (figure 6) tandis qu'en 2014, elle a démarré le 25 juillet, soit un retard de 23 jours. La station de Tambacounda a connu une précocité, par rapport à 2012, de 43 jours. Les fins ont moins varié. En 2012, la saison culturale a pris fin le 9 octobre, alors qu'en 2014, elle s'est arrêtée le 4 octobre, soit une fin plus précoce de 5 jours. Diourbel et Kolda sont les seules stations à avoir enregistré des fins plus tardives en 2014. Les saisons culturales y ont pris fin les 26 octobre et 1^{er} novembre, soit des retards de 22 et 28 jours.

La durée moyenne des saisons culturales est de 99 jours en 2012 et de 71 jours en 2014, soit une différence de 28 jours (figure 7). À cause de son début très précoce en 2014, la station de Tambacounda a obtenu une durée de 160 jours, dépassant la moyenne de 88 jours. La durée des deux saisons culturales se ressent sur les rendements de l'arachide, du mil et du niébé.

L'excédent pluviométrique noté en 2012 et le déficit pluviométrique accusé en 2014 se sont répercutés sur les rendements des principales cultures que sont l'arachide, le mil et le niébé. Les deux premières cultures ont connu les impacts les plus considérables durant les deux années. En 2012, les deux spéculations ont enregistré 923 et 720 kg/ha, tandis qu'en 2014, les rendements n'ont été que de 673 et 513 kg/ha. Entre les deux années, les rendements ont baissé de 27 et 29 %. Pour le niébé, nous notons une faible variation entre les deux années, avec des rendements de 478 et 443 kg/ha, soit une baisse de 7 % (figure 8).

2. 2. 3. Analyse des températures au Sénégal

La température est le paramètre qui affiche les variations les plus manifestes et les plus régulières. Au Sénégal, ses variations peuvent être appréhendées à travers la variabilité interannuelle et les périodes fraîche et chaude. Par rapport à la normale 1961-1990, les températures moyennes annuelles ont augmenté entre 1950 et 2014. Cela se traduit par des écarts dont la tendance globale est à la hausse (figure 9). Trois périodes se dégagent, avec une première de 1950 à 1968 avec des températures plus faibles que la normale, une deuxième période de 1969 à 1994 avec

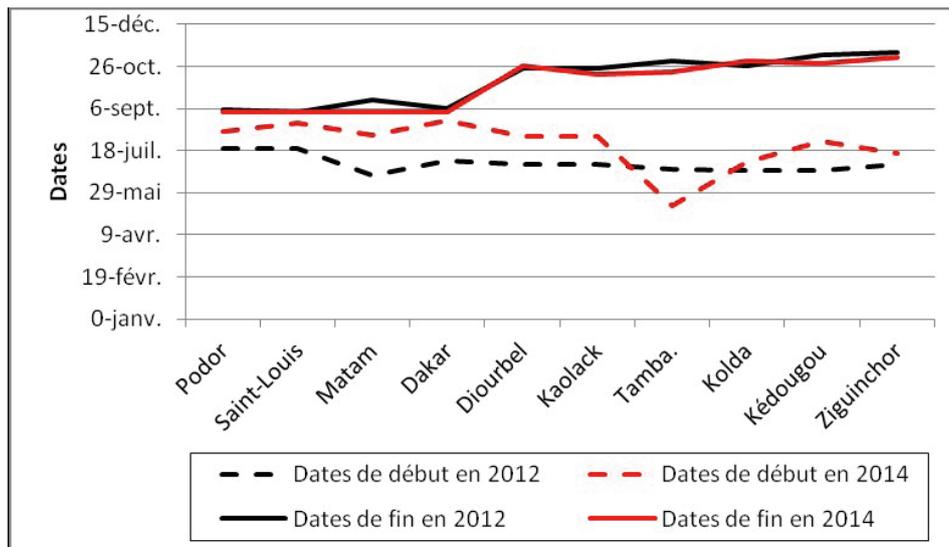


Figure 6. Dates de début et de fin des saisons culturales de 2012 et de 2014
Beginning and end dates of the 2012 and 2014 farming seasons.

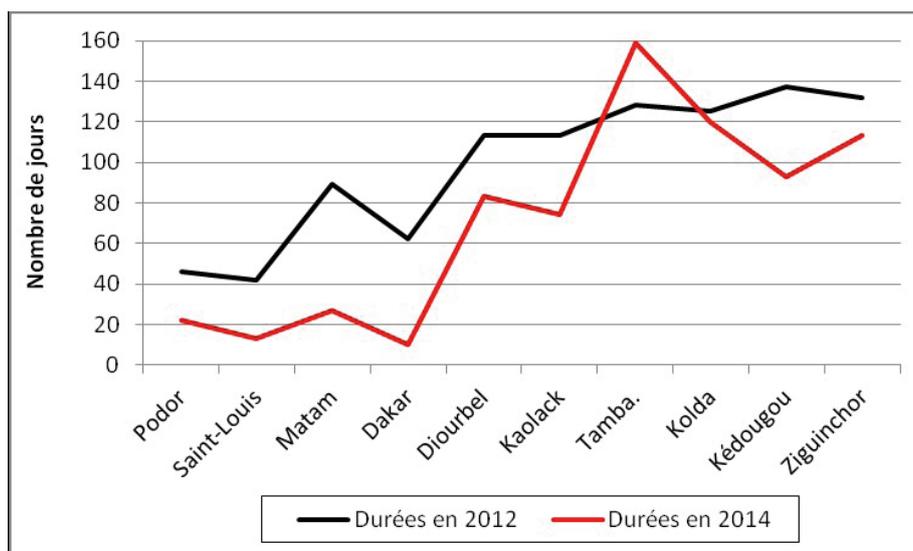


Figure 7. Durées des saisons culturales de 2012 et 2014.
Farming season durations of 2012 and 2014.

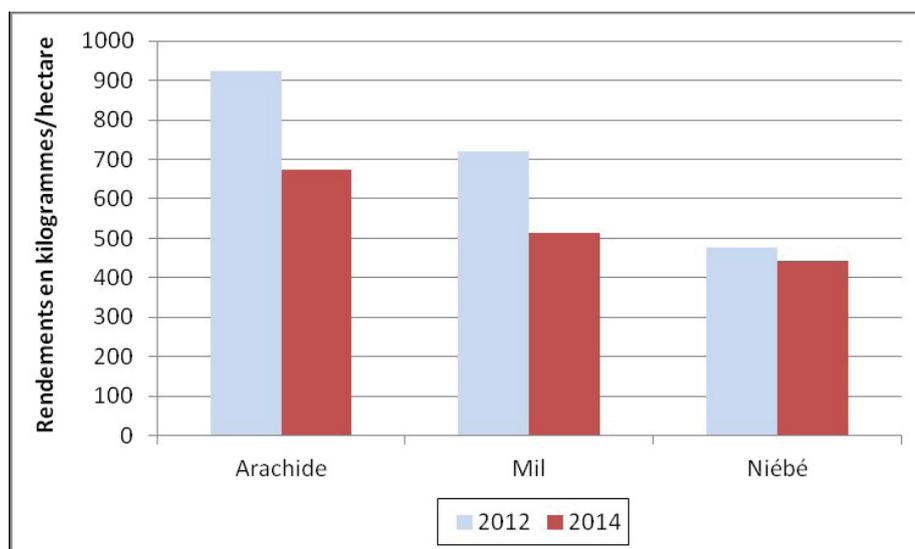


Figure 8. Rendements moyens de 2012 et de 2014.
Mean yields of 2012 and 2014.

des températures globalement proches de la normale et une troisième période de 1995 à 2014 avec des écarts thermiques pouvant dépasser 1 °C au niveau de laquelle 1998 apparaît comme l'année la plus chaude.

Des différences apparaissent dans la variabilité interannuelle des températures entre la saison fraîche et la saison chaude. En effet, les courbes de température de novembre-mars et d'avril-octobre montrent des variations annuelles importantes. En effet, les variations interannuelles de la température entre novembre et mars sont souvent brutales en termes de hausse ou

de baisse. Les écarts dépassent régulièrement 1 °C (figure 10). Ils varient de -1,8 °C à 1,7 °C. Les années 1952 et 1968 ont les écarts négatifs les plus importants de la série, tandis que 1998 et 2005 ont enregistré les écarts positifs les plus élevés. La tendance à la hausse des températures est nette.

Les anomalies de la saison chaude (avril-octobre) affichent aussi une tendance à la hausse (figure 11). Cependant, les écarts sont moins importants que ceux des températures de la période fraîche. Ils sont compris entre -1,7 et 1 °C.

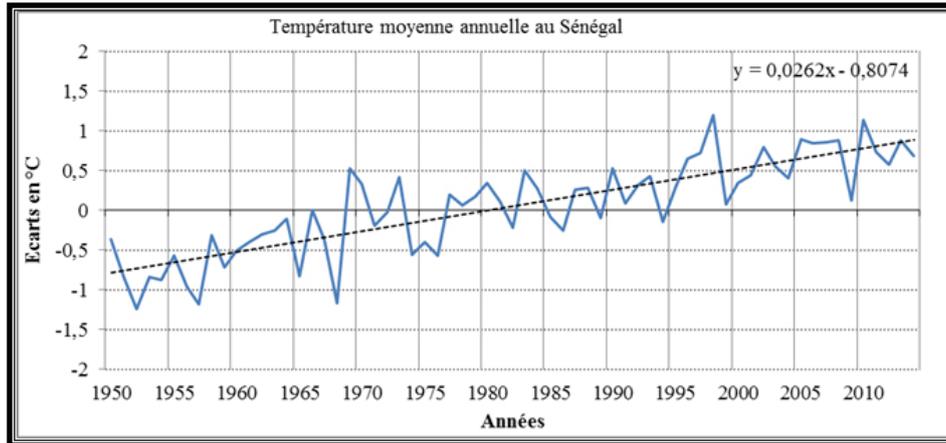


Figure 9. Évolution des écarts à la normale 1961-1990 des températures moyennes annuelles au Sénégal de 1950 à 2014.
Evolution of deviations from the 1961-1990 normal of the mean yearly temperatures in Senegal from 1950 to 2014.

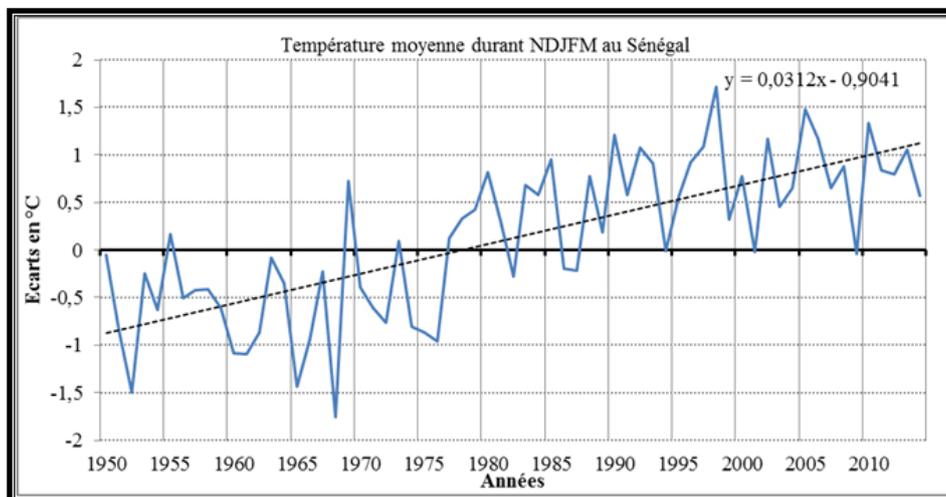


Figure 10. Évolution des écarts à la normale 1961-1990 des températures durant la période fraîche (novembre à mars) au Sénégal de 1950 à 2014.
Evolution of deviations from the 1961-1990 normal of temperatures during the cool period (November to March) in Senegal from 1950 to 2014.

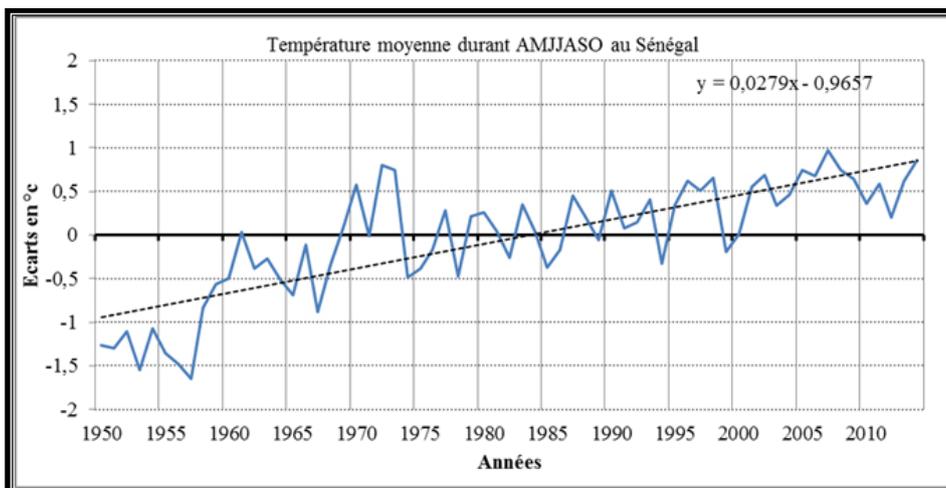


Figure 11. Évolution des écarts à la normale 1961-1990 des températures durant la période chaude (avril à octobre) au Sénégal de 1950 à 2014.
Evolution of deviations from the 1961-1990 normal of temperatures during the warm period (April to October) in Senegal from 1950 to 2014.

Nous retrouvons les trois mêmes périodes précédemment évoquées (1951-1968, 1969-1994 et 1995-2014). Cependant, le réchauffement de la dernière décennie (2005-2014) n'atteint pas 1 °C. Ainsi, les saisons chaudes sont devenues de plus en plus chaudes, mais le réchauffement pendant la période fraîche au Sénégal est plus notable.

Quelle que soit la saison thermique considérée, les tendances affichent des hausses. La période fraîche se réchauffe plus vite. De même, la chaleur est de plus en plus ressentie, même si les anomalies estivales sont moins élevées. Remarquons que 2007 et 2014 sont les années les plus chaudes de la série de par les températures de la période chaude. Par ailleurs, 1968 apparaît comme une année de rupture à partir de laquelle la température moyenne annuelle et celle de la saison fraîche augmentent brusquement.

2. 2. 4. Impacts de la variabilité climatique sur les manifestations de poussière

L'analyse des lithométéores concerne deux saisons sèches. La première (novembre 2012 à mai 2013) est précédée par une saison pluvieuse excédentaire, et la seconde (novembre 2014 à mai 2015) suit une saison pluvieuse déficitaire. Globalement, les jours de manifestations de poussière ont nettement augmenté entre les deux saisons. Il a même plus que doublé. Durant la saison 2012-2013, en moyenne, il y a eu 11 jours de manifestations de poussière, tandis que pour la saison 2014-2015, la moyenne des observations était de 29 jours. Toutes les stations dont les données ont été analysées ont enregistré une hausse (figure 12).

Les manifestations de poussière débutent en octobre et atteignent leur plus grande importance en décembre, janvier et février. Pendant la saison sèche 2012-2013, 91 % des observations ont été faites en décembre-janvier-février. Durant la seconde saison (2014-2015), la différence majeure a surtout concerné l'augmentation des jours d'observations de poussière. C'est en mars qu'est intervenu le changement le plus notable. Ainsi, 83 % des observations sont enregistrées entre décembre et mars durant la saison 2014-2015.

3. Discussion

Les tendances récentes de la pluviométrie convergent vers une légère amélioration au Sénégal. En réalité, aussi bien dans la zone sahélienne avec Sarr (2008, 2009), Sambou (2015), que dans les zones soudaniennes, avec Sané (2003), Faye (2015), les analyses sont unanimes sur un retour, certes timide, à des conditions plus humides. Globalement sur le Sénégal, ce sont Sène et Ozer (2002), Sène

(2007), Sarr *et al.* (2013) qui ont évoqué ce retour de la pluviométrie. Toutefois, les périodes identifiées par les différents auteurs comprennent, globalement, les décennies 1990 et 2000. Bodian (2014) a identifié dans son étude la période 1999-2013. Déjà entre 1990 et 2000, Diaw *et al.* (2007) considéraient la situation pluviométrique de cette période comme « relativement normale ». Pour la même période, au Sahel, cette amélioration de la pluviométrie a été notée au Niger (Ozer *et al.*, 2015) et en Mauritanie (Ozer *et al.*, 2014) et elle s'assimilerait plutôt à une plus forte variabilité observée au Sahel central entre 1990 et 2010 par Panthou *et al.* (2013). Les travaux récents qui ont arrêté l'analyse de la pluviométrie avant 2000 ont surtout montré la baisse de la pluviométrie ou la rupture des années 1960 (Sagna 1995 ; Dacosta *et al.*, 2002). Ainsi, L'Hôte *et al.* (2002) concluaient à une isolation des années humides ne permettant pas une fin de la sécheresse. Celles-ci se sont révélées être un début de l'amélioration de la pluviométrie dans les années 2000. Des ruptures comme celle de 1968 n'apparaissent pas dans les projections du GIEC. En fait, elles n'ont pas été observées après la fin des années 1960.

Les importantes inondations survenues en 2012 en Afrique de l'Ouest ne sont que le reflet de la grande variabilité du climat dans cette zone. Malgré les années de sécheresse, certaines saisons se manifestent par de fortes pluies avec des conséquences désastreuses (Tschakert *et al.*, 2010 ; Descroix *et al.*, 2013). Le « paradoxe du Sahel » est renforcé, selon Descroix *et al.* (2013), par une augmentation des événements journaliers à fort cumul pluviométrique. Même s'il n'y a pas un retour à une pluviométrie normale, il y a plus d'épisodes à fort cumul. Cependant, la pluviométrie de l'année 2012 n'est pas aussi exceptionnelle que l'ampleur des impacts relayés par les médias ne le laisse penser, notamment à travers Diallo (2012), Fall (2012), Ndiaye (2012), Sané (2012), Thiam (2012), etc. En effet, des événements journaliers à cumul maximal exceptionnel ne sont pas observés au Sénégal en 2012. Depuis 1951, les maximums journaliers observés sont nettement plus élevés que ceux enregistrés en 2012. Même si nous dégageons le maximum journalier le plus élevé de la série qui commence en 1968, c'est-à-dire l'année de la rupture vers la période déficitaire, nous trouvons des valeurs plus élevées que celles de 2012, sauf à Dakar.

Les fortes pluies de la saison de 2012 n'ont pas globalement un caractère exceptionnel. Cependant, des pluies extrêmes accompagnent les saisons dont les précipitations sont supérieures à la normale. Cela apparaît plusieurs fois dans la série 1951-2014, notamment à Dakar-Yoff, Bambey et Kolda. Les projections du GIEC vont dans le même sens en prédisant une plus grande fréquence

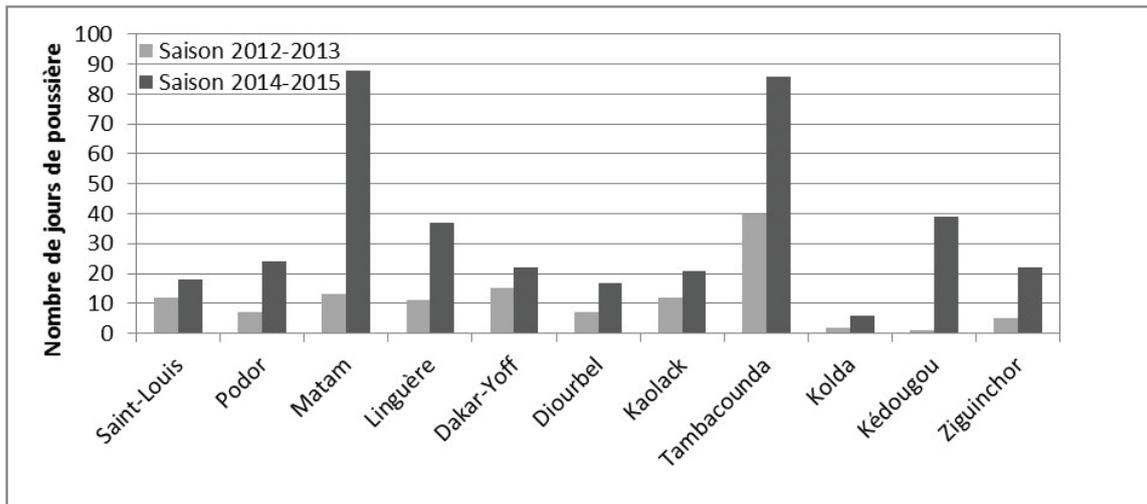


Figure 12. Nombre de jours de poussière au Sénégal durant les saisons sèches 2012-2013 et 2014-2015.
Number of dust days in Senegal during the dry seasons 2012-2013 and 2014 2015.

des événements extrêmes avec un climat plus chaud. Les pluies extrêmes pourraient augmenter plus fortement que les quantités de précipitations (Kirtman *et al.*, 2013).

Les années récentes se distinguent par la multiplication des phénomènes climatiques extrêmes. Autant nous observons une pluviométrie qui tend à s'améliorer dans le sens de son augmentation, autant apparaissent, bien que moins fréquentes, des années sèches. C'est le cas au Sénégal durant les années 2002, 2007, 2011 et, récemment, 2014. Le déficit pluviométrique de 2011 a réduit de 59 % la production arachidière sénégalaise par rapport à celle de 2010 (Amouzou *et al.*, 2012).

À la différence des précipitations, les projections du GIEC pour les températures sont nettes. Ainsi, leur conformité semble plus simple à vérifier. L'accroissement des indices de novembre à mars montre une grande variabilité interannuelle, alors que les indices pendant la saison chaude sont plus atténués. En effet, les écarts à la normale 1961-1990 de la saison fraîche atteignent 1,8 °C, tandis que ceux des températures élevées (saison chaude) ne dépassent pas 1 °C. En Haute-Casamance (dans le Sud du Sénégal), Diaw *et al.* (2007) ont constaté une conformité de l'augmentation de la température moyenne avec le réchauffement climatique entre 1983 à 2000.

Les périodes choisies pour analyser les manifestations de poussière reposent sur l'hypothèse d'une influence de la saison pluvieuse sur la saison sèche suivante. En effet, les alizés continentaux déterminent l'importance des lithométéores. Or ceux-ci sont en relation avec la circulation en surface. Ainsi,

les facteurs météorologiques et les conséquences de la pluviométrie sur le couvert végétal sont donc déterminants dans l'occurrence des lithométéores (Sagna, 2005 ; Nouaceur, 2005). Par conséquent, la saison sèche 2012-2013 a enregistré moins de manifestations de poussière que celle de 2014-2015. Sans soutenir que l'abondance de poussière en 2014-2015 est liée à la saison pluvieuse précédente, qui est déficitaire, nous constatons tout de même une relation entre la saison pluvieuse et les manifestations de poussière. Nouaceur (2005) a constaté un lien étroit entre la baisse de la pluviométrie au Sahel et l'augmentation des vents de sable. La recrudescence des manifestations de poussière varie en fonction de la pluviométrie. Ainsi, les indices normalisés des précipitations annuelles et les observations des brumes de poussière de 1951 à 1990 pour l'ensemble des stations de la Mauritanie permettent de déceler une tendance générale à l'augmentation de la fréquence des lithométéores dans le Sahel depuis le début des années 1970 (Nouaceur, 2004).

Conclusion

Les variations climatiques récentes au Sénégal sont appréhendées à travers les précipitations et les températures. L'analyse de la série pluviométrique 1921-2014 a révélé une tendance nette à la baisse puis une amélioration des totaux annuels à partir de 1999. La diminution des quantités annuelles s'accompagne ainsi d'une certaine irrégularité qui se manifeste par une succession d'années ou de phases déficitaires et excédentaires. Ainsi, se sont distinguées les années 2012 et 2014. Pour la première année, la station de Dakar-Yoff, qui a enregistré la plus importante quantité

journalière, a subi des dégâts considérables consistant surtout en des inondations. Plusieurs autres villes (Ourossogui, Diourbel, Bambey et Kolda) ont été affectées par les pluies. La saison pluvieuse de 2014 a été surtout déficitaire avec un début tardif de la saison culturale et une fin précoce. Cela s'est traduit, par rapport à 2012, par une baisse des rendements de l'arachide, du mil et du niébé. L'apparition d'années récentes excédentaires (2012) et déficitaires (2014) coïncide avec les projections du GIEC qui prévoient des hausses et des baisses et une augmentation des pluies extrêmes. Cependant, cette covariation mérite d'être approfondie à travers des recherches pour faire la part entre la variabilité naturelle du climat et la part qui peut être attribuée au changement climatique, notamment à travers l'action anthropique, avec l'augmentation des gaz à effet de serre, dans la mesure où le Sahel a connu, dans un passé récent, une période de forte pluviométrie (avant 1968).

Les températures des périodes fraîche et chaude sont en hausse, avec une variation interannuelle plus importante des températures de la première saison (amplitude de -1,8 °C à 1,7 °C) contre -1,7 °C à 1 °C pour la seconde. En effet, comme l'a prévu le GIEC, la saison qui correspond à l'hiver de l'hémisphère Nord montre une variabilité plus grande.

Les variations récentes des précipitations et de la température se sont accompagnées d'une augmentation du nombre de jours de manifestations de poussière durant la saison sèche qui a suivi l'hivernage déficitaire de 2014. Le nombre de jours d'observations des manifestations de poussière est en effet beaucoup moins élevé (11 jours) durant la saison qui correspond à la saison pluvieuse excédentaire de 2012. De tels impacts sont à prendre en considération, notamment pour des raisons sanitaires.

Au Sénégal, les études sont essentiellement orientées vers les précipitations. Cependant, la température a des tendances plus régulières. Elle influence l'organisme et est un facteur de bien-être. Une meilleure compréhension de ses variations passerait par son analyse à des périodes particulières de l'année (mois très chauds ou très froids, températures extrêmes, débuts ou fins de saison, etc.). Par ailleurs, la multitude des approches possibles pour l'étude des précipitations et les quantités imprévisibles montrent que les phénomènes de sécheresse et d'extrême pluviométrique ne sont pas encore bien maîtrisés.

Les conséquences lourdes de la variabilité climatique interannuelle déjà observées en Afrique de l'Ouest de manière générale, et au Sénégal de manière particulière, et les projections pour les décennies à venir ne laissent pas indifférents les décideurs politiques. Ainsi, le Sénégal, conformément

à une logique internationale, qui vise à uniformiser les actions orientées vers la lutte contre les modifications actuelles du climat, a initié une programmation sur la mise en place d'un Fonds National Climatique (FNC), en adéquation avec les orientations du Plan Sénégal Emergent, qui traduit la vision du pays en termes de développement d'ici 2035. Le FNC a pour objectifs : « (i) de mobiliser 60 millions de dollars par an pour le financement de la lutte contre les changements climatiques, (ii) de soutenir l'établissement d'objectifs et de stratégies de lutte contre le changement climatique, (iii) de superviser l'approbation des projets, (iv) de mesurer leur mise en œuvre et leur performance, (v) de fournir l'assurance en matière de politiques et de contrôle financier et, (vi) d'aider à la gestion des partenariats établis » (Kaéré, 2015).

À côté d'une telle démarche, qui relève d'une vision politique d'un État, que nous tenons juste à souligner, nous devons aussi **agir autrement**, en privilégiant dans ce débat planétaire la recherche pour une meilleure compréhension des phénomènes, le partage des résultats scientifiques, la formation des différents acteurs, la sensibilisation, mais surtout l'**action** autour des questions d'atténuation et d'adaptation dans les secteurs clés que sont : l'éducation, la santé, l'agriculture, la pêche, l'assainissement, l'hydraulique sous diverses formes (forages, dessalement, transfert d'eau, bassins de rétention, etc.), l'habitat, l'énergie, le transport, etc. Il s'agit donc de **renforcer les capacités** des populations rurales et urbaines pour une meilleure gestion des risques climatiques en élaborant des outils de planification qui intègrent une gouvernance plus transparente, plus cohérente, plus responsable, pour le bénéfice de toutes les populations ; autrement dit, il faut privilégier les acteurs locaux et les savoir-faire endogènes dans la recherche de solutions durables.

Selon la Banque Mondiale (2010), de l'ingéniosité et de la coopération sont nécessaires pour relever le défi du changement climatique. Pour avoir un monde « intelligent sur le plan climatique » de notre vivant, il faut que nous agissions maintenant, ensemble et différemment. Il faut aussi, dans cette recherche multidimensionnelle de solutions, face à un climat dont l'évolution inquiète de plus en plus, veiller à préserver un équilibre entre l'évolution démographique et les ressources naturelles, et là le problème n'est plus scientifique et technique mais plutôt politique et social (Fellous, 2002) ; en d'autres termes, le débat sur le changement climatique, à travers l'approche privilégiée actuellement autour des gaz à effet de serre, est-il réellement bien posé ? L'avenir de la planète en dépend et cela nous interpelle.

Références bibliographiques

Banque Mondiale (2010). Rapport sur le développement 2010 dans le monde. Développement et changement climatique. Pour un climat favorable au développement. Abrégé – version préliminaire, Banque Mondiale, 52 p.

Bodian A. (2014). Caractérisation de la variabilité temporelle récente des précipitations annuelles au Sénégal (Afrique de l'Ouest). *Physio-Géo.*, vol. 8, mis en ligne le 12 janvier 2014. [En ligne] : <http://physio-geo.revues.org/4243>; DOI : <http://dx.doi.org/10.4000/physio-geo.4243>.

Dacosta H., Kandia K.Y., Malou R. (2002). La variabilité spatio-temporelle des précipitations au Sénégal depuis un siècle, FRIEND Regional Hydrology: Bridging the Gap Between Research and Practice. Proceedings of the Fourth International FRIEND Conference held in Cape Town, South Africa, March 2002, Publ. no. 274.2002, p. 499-506.

Descroix L. *et al.* (2013). Évolution des pluies de cumul élevé et recrudescence des crues depuis 1951 dans le bassin du Niger Moyen (Sahel). *Climatologie*, n° 10, p. 37-49.

Diallo M. A. (2012). Fortes pluies au Sud : 350 maisons s'effondrent à Kolda et Médina Yoro Foulah. *Le Soleil*, 8 septembre 2012. [En ligne] : http://www.lesoleil.sn/index.php?Option=com_content&view=article&id=19602:fortes-pluies-au-sud-350-maisons-seffondrent-a-kolda-et-medina-yoro-foulah&catid=78:a-la-une.

Diaw A. T., Sané T., Sagna P., Diop M. (2007). Péjoration climatique et dégradation des formations forestières en Haute-Casamance. *Geographical Reports of Tokyo Metropolitan University*, n° 42, p. 31-40.

Diop C., Sagna P., Sambou P.C. (2014). Vulnérabilité des populations urbaines face aux fortes pluies: l'exemple du Sénégal en 2012. Actes du XXVII^e colloque de l'association internationale de climatologie, 2-5 juillet 2014, Dijon (France), p. 554-559.

Diop M. (1996). À propos de la durée de la saison des pluies au Sénégal. *Sécheresse*, vol. 7, p. 7-15.

Direction de la Protection civile. (2013). Rapport sur l'état de la protection civile au Sénégal, Année 2012, Dakar, Sénégal, p. 55-80 et annexes.

Fall S.O. (2012). Saint-Louis envahie par les eaux. *Le Soleil*, n° 12667, jeudi 16 août 2012, Dakar, Sénégal, p. 12.

Faye C. (2015). Le changement climatique dans le bassin-versant de la Casamance: évolution et tendances du climat, impacts sur les ressources en eau et stratégies d'adaptation. Eaux et sociétés face au changement climatique dans le bassin de la Casamance. Atelier scientifique et lancement de l'initiative Casamance: un réseau scientifique au service du développement en Casamance, Ziguinchor, Sénégal, 15-17 juin 2015.

Fellous J.L. (2002). Avis de tempête. La nouvelle donne climatique. *Odile Jacob*, 337 p.

Guèye M., Sivakumar M.V. (1992). Analyse de la longueur de la saison culturale en fonction de la date des pluies au Sénégal. Niamey, ICRISAT, 42 p.

IPCC. (2013). Annex I: Atlas of Global and Regional Climate Projections [van Oldenborgh *et al.*]. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker *et al.*]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, p. 1311-1393.*

Kaéré A.B. (2015). Les enjeux du financement sur les changements climatiques. Séminaire International de Dakar sur le climat, 11-13 septembre 2015. Les États et les villes face aux défis du changement climatique. Séminaire organisé par la Commission « Décentralisation et Démocratie locale » de l'Association Internationale des Maires Francophones et l'Association des Maires du Sénégal, en partenariat avec l'État du Sénégal, p. 38-39.

Kirtman B. *et al.* (2013). Near-term Climate Change: Projections and Predictability. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F *et al.*]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, p. 953-1028.*

Kouam-Kenmogne G.R. *et al.* (2006). Gestion intégrée des ressources en eau et objectifs du millénaire pour le développement en Afrique: Cas du Cameroun, Vertigo – la revue électronique en sciences de l'environnement, vol. 7, n° 2. [En ligne]: <http://vertigo.revues.org/2319>.

L'Hôte Y., Mahé G., Somé B., Triboulet J.P. (2002). Analysis of a Sahelian Annual Rainfall Index from 1896 to 2000. The Drought Continues. *Hydrological Sciences*, n° 47, p. 563-572.

Leroux M. (1983). Le climat de l'Afrique tropicale, t. 1 636 p., t. 2 250 cartes, H. Champion/ M. Slatkine, Paris/Genève.

Leroux M., 1995. La dynamique de la Grande Sécheresse sahélienne. *Revue de Géographie de Lyon*, vol. 70, n° 3-4, p 223-232.

Manga S. (2015). Étude de la vulnérabilité de la commune de Kolda face aux fortes pluies de l'année 2012. Mémoire de Master II (Ressources-Environnement-Développement), Département de Géographie, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, 108 p.

Ndiaye M.A. (2012). Après les inondations : la Croix-Rouge au chevet des sinistrés de Bambey. *Le Soleil*, 14 août 2012. [En ligne] : http://www.lesoleil.sn/index.php?option=com_content&view=article&id=18619:apres-les-inondations-la-croix-rouge-senegalaise-au-chevet-des-sinistres-de-bambey&catid=140:actualites.

Ndong J.B., 1996. L'évolution du climat au Sénégal et les conséquences de la sécheresse récente sur l'environnement. Thèse de doctorat, Université Jean Moulin Lyon III, 501 p.

Ndour C. (2015). Impacts des précipitations de l'hivernage 2012 dans la ville de Bambey et les stratégies d'adaptation. Mémoire de Master II (Ressources-Environnement-Développement), Département de Géographie, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, 109 p.

Nouaceur Z. (2004). Brume sèche, brume de poussière, chasse-sable et tempête de sable. *Norois* [En ligne], n° 191, 2004/2, mis en ligne le 9 septembre 2008, consulté le 5 octobre 2015. [En ligne] : <http://norois.revues.org/1188>; DOI : <http://dx.doi.org/10.4000/norois.1188>.

Nouaceur Z. (2005). Les vents de sable en Afrique saharienne et subsaharienne. *The Annals of Valahia University of Târgoviște, Geographical Series*, t. 4-5, p. 108-118.

Ozer P., Hountondji Y.C., Gassani J. *et al.*, (2014). Évolution récente des extrêmes pluviométriques en Mauritanie (1933-2010). Publications de l'Association Internationale de Climatologie, XXVII^e Colloque de l'Association Internationale de Climatologie 2-5 juillet 2014, Dijon (France), p. 394-400.

Ozer P., Djaby B., De Longueville F. (2015). Évolution récente des extrêmes pluviométriques au Niger (1950-2014). Workshop « Coopération universitaire au développement avec le Niger », université de Liège Arlon Campus Environnement.

Panthou G., Rossi A., Lebel T. *et al.* (2013). Tendances récentes sur les précipitations au Sahel. Deuxième atelier scientifique Escape, Marseille, 11-12 février 2013, LTHE, OSUG, 17 p.

Petit M. (2004). Qu'est-ce que l'effet de serre? Ses conséquences sur l'avenir du climat. Vuibert, Paris, Collection Planète vivante, 124 p.

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*, vol. 70, n° 3-4, p. 187-192.

Sagna P. (2005). Dynamique du climat et son évolution récente dans la partie Ouest de l'Afrique occidentale. Th. État ès lettres, université Cheikh Anta Diop, Dakar, 2 t., 786 p.

Sagna P. (2007). Caractéristiques climatiques. Atlas du Sénégal, Paris, Les éditions J.A., p. 66-69.

Sambou P.C. (2015). Évolution climatique récente, impacts et stratégies d'adaptation des populations dans les arrondissements de Sakal et de Ndande, dans la région de Louga. Thèse de doctorat unique, département de géographie, faculté des lettres et sciences humaines, école doctorale, études sur l'homme et la société (ET.HO.S), 456 p.

Sané I. (2012). Des familles dans la rue, deux fillettes périssent à Grand-Yoff et un bébé se noie à Grand-Médine. *Le Soleil*, n° 12667, jeudi 16 août 2012, Dakar, Sénégal, p. 10.

Sané T. (2003). La variabilité climatique et ses conséquences sur l'environnement et les activités humaines en Haute-Casamance. Thèse, université Cheikh Anta Diop de Dakar, 367 p.

Sarr B. (2006). Instat + en bref. Manuel d'utilisation destiné aux ingénieurs en agrométéorologie et en météorologie aéronautique. Département Formation et Recherche, Centre régional Agrhymet, CILSS, 74 p.

Sarr D. (2012). Six morts dans l'effondrement d'une concession à Yarakh, *Le Soleil*, Dakar, Sénégal, p. 11.

Sarr M.A. (2008). Variabilité pluviométrique en Afrique de l'Ouest: dynamique des espaces végétaux à partir des images satellitaires. Exemple du bassin versant du Ferlo (Sénégal). *Climat et Sociétés: Climat et végétation*, Journées de Climatologie de Nantes, 13-14 mars 2008, p. 57-76.

Sarr M.A. (2009). Évolution récente du climat et de la végétation au Sénégal (cas du bassin versant au Ferlo). Thèse, université Jean-Moulin Lyon III France – Université Cheikh Anta Diop de Dakar, 401 p.

Sène I.M. (2007). Impacts des changements climatiques sur l'agriculture au Sénégal: dynamiques climatiques, économiques, adaptations, modélisation du bilan hydrique de l'arachide et du mil. Thèse, université Cheikh Anta Diop de Dakar, 301 p.

Sène S. et Ozer P. (2002). Évolution pluviométrique et relation inondations-événements pluvieux au Sénégal. *Bulletin de la Société Géographique de Liège*, vol. 42, p. 27-33.

Thiam E.I. (2012). Après la pluie, de nombreuses routes de Dakar impraticables. *Le Soleil*, n° 12667, jeudi 16 août 2012, Dakar, Sénégal, p. 11.

Thilly A. (2015). Analyse des fortes précipitations de l'hivernage 2012 à Ourossogui, leurs impacts sur la population et les stratégies mises en œuvre. Mémoire de Master II (Ressources-Environnement-Développement), département de géographie, université Cheikh Anta Diop de Dakar, 118 p.

Tschakert P., Sagoe R., Ofori-Darko G., Codjoe S.N. (2010). Floods in the Sahel: an analysis of anomalies, memory, and participatory learning. *Climatic Change*, n° 103, p. 471-502. DOI : <http://dx.doi.org/10.1007/s10584-009-9776-y>.

U.S. Agency for International Development – USAID, (2014). *Senegal Climate Change Vulnerability Assessment and Options Analysis*, October 2014, 99 p.