
**RESSOURCES EN EAU ET SYSTEMES DE PRODUCTION DES
CULTURES MARAICHERES DANS UN CONTEXTE DE
CHANGEMENT CLIMATIQUE : EXEMPLE DE SANGALKAM
(ZONE DES NIAYES)**

Madiop YADE

*Laboratoire de Climatologie et d'Environnement (LCE), Département de Géographie,
Faculté des Lettres et Sciences Humaines, Université Cheikh Anta Diop (UCAD), BP
5005, Dakar, Sénégal madiop.yade@ucad.edu.sn*

Résumé :

Au Sénégal, la littérature montre que le secteur agricole est largement touché par les aléas climatiques. Dans la zone des *Niayes* l'agriculture est dominée par les cultures maraîchères dont l'irrigation se fait à partir de la nappe phréatique. Cependant, la sécheresse des années 1970-1980 a mis cette zone dans une situation précaire en termes de dégradation des ressources favorables à l'agriculture. Cette sécheresse s'est manifestée par un déficit pluviométrique et une augmentation des températures, ce qui a engendré la baisse du niveau de la nappe phréatique, impactant du coup la disponibilité de la ressource en eau d'irrigation des cultures maraîchères. La commune de Sangalkam, partie intégrante des *Niayes*, n'est pas épargnée par ce phénomène. L'objectif de cet article est d'étudier la variabilité climatique et ses impacts sur les ressources en eau, ainsi que les techniques de production déployées dans la commune de Sangalkam pour une gestion durable de l'activité maraîchère. La variabilité climatique est analysée à travers l'évolution des précipitations et des températures pour la période allant de 1951 à 2022. Les données climatiques, extraites de la station de Dakar-Yoff, sont recueillies au niveau de l'Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie (ANACIM). Les données socio-économiques sont obtenues au niveau de l'Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie (ANSD) mais aussi à travers une enquête de terrain réalisée auprès des maraîchers de la zone. Les résultats révèlent une forte variabilité interannuelle des précipitations, doublée d'une baisse de 19,6 % de leur cumul annuel. Les températures quant à elles ont connu globalement une hausse, surtout pendant la sous période 1996-2022 avec un Indice Standardisé des Températures (IST) moyen de 1,27 et un maximal de 2,6 en 2020. L'effet combiné de la variabilité pluviométrique et de la hausse des températures a comme conséquences une baisse de la nappe phréatique et une réduction de la disponibilité des ressources en eau pour l'irrigation. Face à cette contrainte, les maraîchers ont déployé de nouvelles techniques d'irrigation et de production pour une gestion optimale des ressources hydriques et une durabilité de leur activité.

Mots clés : Ressources en eau, système de production, culture maraîchère, Sangalkam

Water resources and vegetable crop production systems in a context of climate change : the example of Sangalkam (Niayes area)

Summary:

In Senegal, the literature shows that the agricultural sector is largely affected by climatic hazards. In the Niayes area, agriculture is dominated by market gardening, which is irrigated using groundwater. However, the drought of 1970-1980 put this area in a precarious situation in terms of the degradation of resources favourable to agriculture. The drought resulted in a shortage of rainfall and an increase in temperature, which led to a drop in the water table and affected the availability of water for irrigating market garden crops. The commune of Sangalkam, an integral part of the Niayes, has not been spared by this phenomenon. The aim of this article is to study climatic variability and its impact on water resources, as well as the production techniques used in the Sangalkam commune for the sustainable management of market gardening. Climatic variability is analysed through changes in rainfall and temperature over the period from 1951 to 2022. Climatic data, extracted from the Dakar-Yoff station, are collected by the National Civil Aviation and Meteorology Agency (ANACIM). Socio-economic data was obtained from the National Agency for Statistics and Demography (ANSD), as well as through a field survey of market gardeners in the area. The results reveal a high degree of inter-annual variability in precipitation, coupled with a 19.6% fall in cumulative annual precipitation. Temperatures, meanwhile, rose overall, especially during the 1996-2022 sub-period, with an average Standardised Temperature Index (STI) of 1.27 and a maximum of 2.6 in 2020. The combined effect of rainfall variability and rising temperatures is lowering the water table and reducing the availability of water resources for irrigation. Faced with this constraint, market gardeners have deployed new irrigation and production techniques to optimise management of water resources and ensure the sustainability of their activity.

Key word : *Water resources, production system, market gardening, Sangalkam*

Introduction

Située entre les latitudes 14°46'52 Nord et les longitudes 17°13'40 Ouest, Sangalkam fait partie de la région naturelle des Niayes, plus précisément dans la région de Dakar (figure 1). Elle est composée de huit (8) villages avec une population de 110 958 habitants répartie sur une superficie de 5424,02 hectares. Devenue collectivité locale à la faveur de la loi N°83-48 du 18 février 1983 portant réorganisation administrative de la région de Cap-Vert, Sangalkam est passée en commune de plein exercice par le décret N°2011.706 en date du 06 juin 2011 abrogeant et remplaçant le décret de N°2011-427 du 29 mars 2011 portant création des communes dans le département de Rufisque (Mairie de Sangalkam). La commune présente des caractéristiques naturelles très favorables à la production maraîchère avec des spéculations très diversifiées. L'accès à l'eau pour

l'irrigation est possible grâce à la Nappe des Sables du Quaternaire (NSQ) qui est peu profonde et affleurante. Cependant, la recharge de cette nappe qui constitue la principale source de prélèvement d'eau pour l'irrigation et l'approvisionnement en eau de la population est essentiellement assurée par les eaux pluviales.

Sur le plan climatique, la région naturelle des Niayes fait partie de la zone sahélienne, plus particulièrement du domaine sahélien côtier. A la différence de la zone soudanienne, les pluies dans le Sahel sont relativement faibles. Moins de 500 mm de précipitations par an y sont enregistrés (P. Sagna, 2007, p. 68). Cependant, c'est surtout la grande variabilité des précipitations qui caractérise le Sahel et d'une année à l'autre des différences notoires sont constatées dans les quantités annuelles de pluie (C. Diop, 2023, p. 418). En effet, le coefficient de variation des précipitations est élevé (S. T. Kandji *et al.* 2006, p. 3 ; L. Descroix *et al.* 2013, p. 42). Cette variabilité pluviométrique que connaît le pays, depuis la fin des années 1960 (P. Sagna *et al.*, 2021, p. 65), impacte fortement le déroulement des activités agricoles mais aussi les productions obtenues. En effet, la sécheresse de 1968 dans la zone sahélienne est marquée par un déficit des débits ce qui se manifeste sur la baisse des écoulements, entraînant un assèchement des puits, des mares et une baisse du niveau des nappes phréatiques (M Leroux, 1995, p. 227).

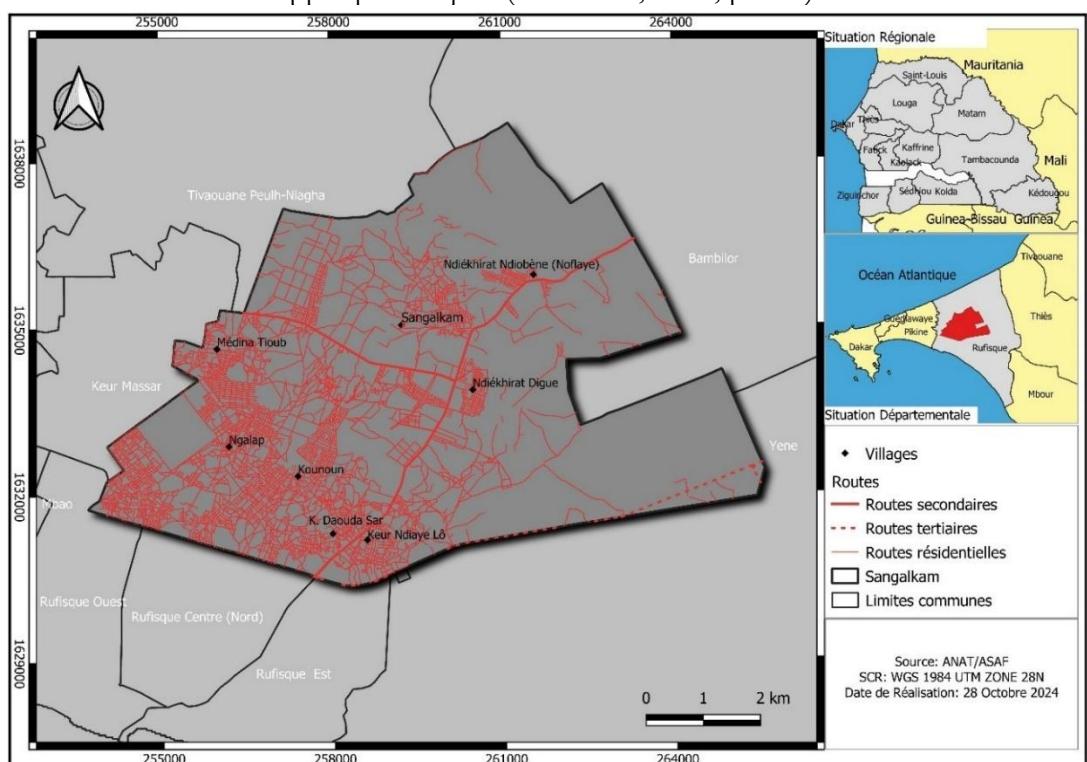


Figure 1: Localisation de la zone d'étude

Les paramètres climatiques sont ainsi déterminants dans la disponibilité de la ressource en eau et selon le GIEC (2014) les agents climatiques qui jouent un rôle important dans la disponibilité de cette ressource sont essentiellement les précipitations, la température et la demande évaporatoire. De plus le changement climatique a aussi une influence sur la demande en eau : avec l'augmentation des températures et des saisons plus chaudes, la demande en eau devrait augmenter tant dans l'agriculture pour les besoins d'irrigation que pour la consommation domestique ou industrielle. Ainsi, dans ce contexte de changement climatique, la problématique de l'accès à l'eau se posera avec acuité au fil des ans pour de nombreux pays tropicaux, cela se traduit par la baisse de la pluviométrie, la baisse des régimes des cours d'eau, la baisse du niveau des nappes phréatiques, le stress hydrique, etc. (Y. D. Bationon 2009, p. 4). Une telle situation aura irrémédiablement des répercussions sur l'activité maraîchère avec comme conséquences une salinisation et un ensablement des cuvettes maraîchères, ce qui a fini par perturber bon nombre d'écosystèmes, comme celui des Niayes (R Diatta, 2013). La dégradation actuelle des conditions hydro-climatiques se manifestent par un assèchement progressif des zones humides. Sur l'ensemble de la région des Niayes, la superficie des zones inondées en permanence est passée de plus de 1000 ha en 1954 à moins de 170 ha en 1974 pour atteindre environ 50 ha en 1982 (L. Aguiar, 2009, p. 17). C'est dans ce sillage que S. Dasylva et C. Cosenay (2005, p. 2) ont montré que l'apport pluvial est l'unique paramètre de recharge de la nappe (NSQ) et que la cause de la variation du niveau piézométrique est d'origine naturelle, plus précisément climatique. C'est pour comprendre l'effet de la variabilité des paramètres climatiques (précipitations et température) sur la disponibilité en eau pour l'irrigation et les techniques de production développées par les maraîchers de la commune de Sangalkam pour une gestion optimale de cette ressource que cette présente recherche a été menée.

1. Données et méthodes

La présente étude se base sur des données quantitatives (pluviométrie et température) et des données d'enquête réalisée auprès des maraîchers de Sangalkam. Ces deux types de données ont été traités selon leurs particularités. Les données climatiques ont été collectées à l'Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie du Sénégal. La station de Dakar-Yoff qui présente la plus longue et la plus complète série a été choisie pour déterminer les variations interannuelles des précipitations et des températures dans la région de Dakar, où se situe Sangalkam. La série étudiée est longue de 72 ans. L'analyse de l'évolution interannuelle de la pluviométrie et des températures a été réalisée à travers la détermination de l'Indice Standardisé des Précipitations (ISP) et l'Indice Standardisé des Températures (IST). Les ISP ou IST s'écrit selon la formule suivante : $I = X_i - X_m / S_i$. X_i représente le cumul de la pluie ou la moyenne de la température pour une année i , X_m la moyenne des cumuls annuels de la série

et Si l'écart type de la série. Appelé souvent indice de Lamb (Lamb P. J., 1982, p. 46), l'ISP est utilisé dans les travaux scientifiques faits sur la zone soudano-sahélienne par les auteurs comme M Balme *et al.* (2006, p. 60), P. Sagna *et al.* (2015, 2021), P. C Sambou. (2015), Y. M Diedhiou et Y. M Diedhiou *et al.* (2018, 2021). C'est un indice qui est pertinent pour l'analyse de la variabilité pluviométrique. Il a été classifié par T. B. McKee *et al.* (1993) en partant des valeurs excédentaires vers les valeurs déficitaires, soit de extrêmement humide à extrêmement sec (tableau I). L'IST, quant à elle, s'appuie sur le principe de l'ISP et il est calculé en normalisant les données de température pour une période donnée par rapport à une moyenne historique de la même période. Cette normalisation permet de comparer les températures actuelles à des normes établies, ce qui facilite l'identification des périodes anormalement chaudes ou froides. Ainsi, c'est un outil précieux pour comprendre et surveiller les phénomènes de sécheresse thermique en fournissant une mesure objective et comparable de l'impact de la température sur les conditions climatiques et environnementales.

Tableau I : Classification de l'indice standardisé de précipitations de T. B. McKee *et al.* (1993) et de l'Indice Standardisé des Températures

| Valeurs | IPS | ITS |
|--------------|----------------------|-------------------|
| 2 et plus | Extrêmement humide | Extrêmement chaud |
| 1,5 à 1,99 | Très humide | Très chaud |
| 1,0 à 1,49 | Modérément humide | Chaud |
| -0,99 à 0,99 | Proche de la normale | Normale |
| -1,0 à -1,49 | Modérément sec | Froid |
| -1,5 à -1,99 | Très sec | Très froid |
| -2 et moins | Extrêmement sec | Extrêmement froid |

Au préalable, une enquête de terrain a été réalisée dans trois localités de la commune (Sangalkam, Ndiakhirate Digue, Keur Ndiaye Lo) à l'aide d'un questionnaire élaboré avec Sphinx. Le choix de ces localités se justifie par la place qu'occupe le maraîchage dans les activités des populations alors que le choix du nombre de producteurs à enquêter s'est basé sur l'importance de la production (tableau II). Ainsi 100 maraîchers ont été enquêtés de façon aléatoire au sein de leurs surfaces agricoles. Les données issues de ces enquêtes sont exportées sous format Excel pour une analyse statistique afin de comprendre l'appréciation des maraîchers sur les effets de la variabilité climatique et les techniques de production pratiquées dans la zone.

Tableau II : Répartition de l'échantillon entre les trois localités de la commune de Sangalkam

| Zone | Sous-échantillon | Pourcentage |
|-------------------|------------------|-------------|
| Sangalkam | 40 | 40 |
| Ndiakhirate Digue | 30 | 30 |
| Keur Ndiaye Lo | 30 | 30 |
| Total | 100 | 100 |

2. Résultats et discussion

2.1 Variabilité pluviothermique de 1951 à 2022

L'évolution de la pluviométrie à Dakar sur la période 1951-2022 révèle une forte irrégularité des cumuls annuels. Des années humides se succèdent à des années sèches et globalement la tendance de la pluviométrie est à la baisse. La série a été globalement déficitaire pendant trente-sept (37) ans sur soixante-douze (72) ans, soit une fréquence de 51 %. L'analyse de la pluviométrie, à travers les Indices Standardisés des Précipitations (ISP), laisse apparaître trois grandes périodes distinctes (figure 2). La première période qui va de 1951 à 1969 (19 ans) se caractérise par une forte humidité dans la mesure où la majeure partie des années de cette période ont un ISP positif, d'où un cumul pluviométrique supérieur à la moyenne de la série (440 mm). Quatre années seulement ont présenté un indice négatif dont 1968 qui se retrouve avec le plus faible indice (-1) le classant dans la catégorie de sécheresse modérée, alors que les années 1951, 1958 et 1967 se caractérisent par une humidité extrême ($IPS \geq 2$).

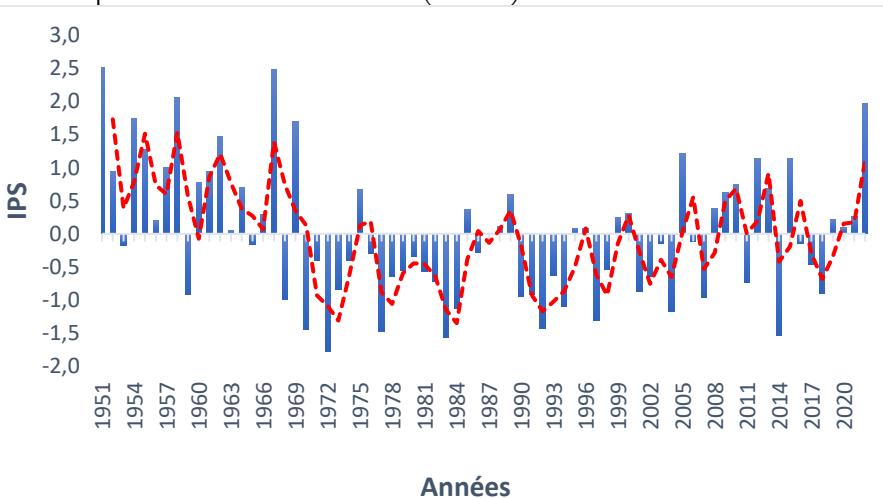


Figure 2 : Evolution de la pluviométrie à la station de Dakar-Yoff de 1951 à 2022

La deuxième période s'étend de 1970 à 2004, soit trente-cinq années. Elle se distingue par une prédominance des années sèches car les totaux annuels sont majoritairement faibles avec des ISP négatifs, donc inférieurs à la moyenne. Cette

période coïncide ainsi avec la grande sécheresse qui a frappé les pays sahéliens dans les années 1970-1980. Durant la dernière période (2005-2022), il est noté une prédominance des années humides sur les années sèches, avec cependant une grande variabilité interannuelle des précipitations. En effet, les ISP fluctuent entre un minimum de -1,5 observé en 2014 et un maximum de 2 enregistré en 2022, cause pour laquelle certains qualifient cette période de rémission pluviométrique. Les températures quant à elles montrent une évolution plus régulière que celle des précipitations, avec cependant une tendance nette à la hausse. Les Indices Standardisés des Températures révèlent que cette évolution est marquée par deux périodes distinctes avec une phase transitoire d'une décennie (figure 3). En effet, la première période qui va de 1951 à 1986 (36 ans) se distingue par des températures globalement normales à froides. Ainsi, durant cette période, nous avons identifié 20 années avec des températures normales, 9 années avec des températures froides, 4 années (1957, 1971, 1975 et 1976) avec des températures très froides, une année avec des températures extrêmement froides (1974) et seulement deux années chaudes (1969 et 1983).

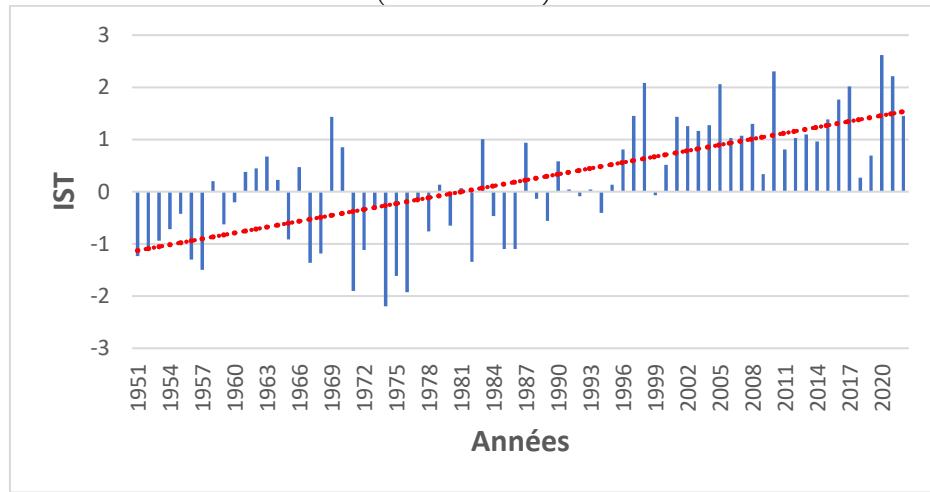


Figure 3 : Evolution des températures à la station de Dakar-Yoff de 1951 à 2022

La deuxième période qui s'étale de 1997 à 2022 se caractérise par une hausse générale des températures, surtout durant la dernière décennie 2010-2020. En effet, cette période n'a enregistré que 6 années avec des températures normales pendant que les IST confirment l'existence de 13 années chaudes, une année (2016) très chaude et 6 années extrêmement chaudes dont 2020 qui est considérée comme l'année la plus chaude de la série avec un IST de 2,6. La décennie transitoire (1987-1996) se distingue par une succession d'années normales.

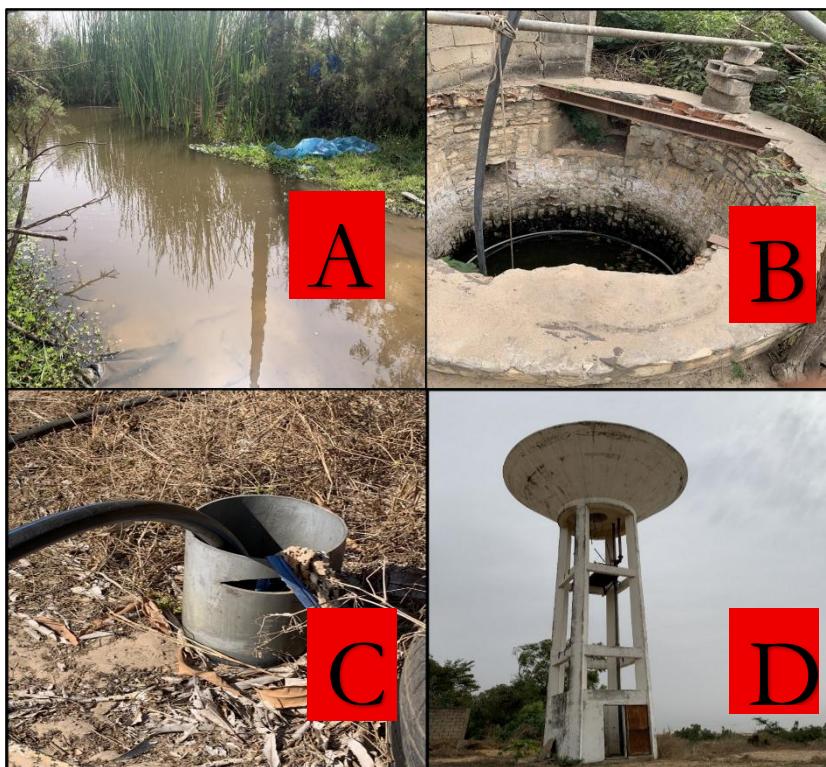
La variabilité pluviométrique et la phase sèche des années 1970-1980 observées dans la série chronologique ont été bien documentées dans le sahel. En effet, cette phase intermédiaire correspond à la grande sécheresse qui a frappé les pays

sahéliens (L. Descroix *et al.*, 2015, p. 30), ce qui a été confirmé par A. Ali et T. Lebel (2008, p. 4) qui ont constaté que les années 1950 à 1967 sont déficitaires au sahel à travers l'analyse des ISP. 1967 a été identifiée comme étant l'année de rupture (P. Ozer *et al.*, 2005, p. 5) dans la région de Gouré (Niger), alors que l'année 1969 a aussi été détectée par Y. L'Hote *et al.* (2002, p. 568) dans 12 stations sahéliennes. S. E. Nicholson (2013, p. 8) a signalé l'année 1970 comme étant le début de la sécheresse dans le Sahel ouest africain, entraînant une baisse des précipitations qui s'est manifestée par une diminution des écoulements en Afrique de l'Ouest, du Cameroun au Sénégal (G. Mahe et J. C. Olivry, 1999, p. 626). Le regain pluviométrique noté ces dernières années a été confirmé dans beaucoup de travaux avec un certain décalage dans l'année à partir de laquelle il a été observé. C. Faye *et al.* (2015, p. 32), A. Bodian *et al.* (2020, p. 7) et P. Sagna *et al.* (2015, p. 6 et 2021, p. 67) annoncent ce retour entre le milieu et la fin des années 1990. D. Gueye (2017, p. 69), C. Araujo Bonjean *et al.* (2019, p. 10) observent globalement ce retour entre la fin des années 1990 et le début des années 2000. P. C. Sambou (2015, p. 172) et T. Sané (2017, p. 118) signalent ce retour un peu plus loin, entre le milieu et la fin de la décennie 2001-2010. La revue de la littérature a aussi corroboré la hausse généralisée des températures constatée ces dernières années, plus particulièrement durant la dernière décennie. En 2022, la température moyenne mondiale a dépassé de 1,15 [1,02–1,28] °C la moyenne de la période 1850–1900. Les années 2015 à 2022 ont été les huit années les plus chaudes en 173 ans d'observations instrumentales. L'année 2022 a été la cinquième ou sixième année la plus chaude jamais enregistrée, malgré la persistance d'un épisode la Niña, souligne l'OMM (2023, p. 3). Toujours, dans sa contribution au sixième rapport d'évaluation du GIEC, le Groupe de travail I a évalué le réchauffement à long terme à l'aide de moyennes pluriannuelles. Pour la décennie 2011–2020, les estimations de la température moyenne dépassaient de 1,09 [0,95–1,20] °C la moyenne de la période 1850–1900. Quant à la moyenne décennale de la période 2013–2022, elle est estimée à 1,14 [1,02–1,27] °C, ce qui montre que le réchauffement se poursuit. Ainsi selon les projections du GIEC (2014, p. 18), au-delà de 2°C de réchauffement par référence à 1990, chaque degré supplémentaire pourrait entraîner une réduction des ressources en eau renouvelables de 20 % pour au moins 7 % de la population mondiale.

2.2 Ressources en eau et système de production

L'irrégularité des précipitations, conjuguée avec la hausse des températures, a impacté négativement les ressources en eau dans la zone des Niayes et plus particulièrement dans la commune de Sangalkam. La variabilité pluviométrique constitue ainsi une vulnérabilité pour la production maraîchère en réduisant la disponibilité en eau d'irrigation qui conditionne le bon fonctionnement des cultures. En effet, dans la commune, les sources d'eau disponible pour l'irrigation sont la nappe phréatique et le marigot de Sangalkam appelé communément

« Waygui », tous deux dépendants de l'apport pluvial pour leur renouvellement. La nappe phréatique est exploitée à travers les puits traditionnels, les mini-forages et les châteaux d'eau (planche 1). Les producteurs exploitent les puits traditionnels pour remplir les bassines d'eau appelées « Mbalk » en langue locale, ces puits sont généralement dans les zones où la nappe phréatique n'est pas profonde (3 à 4 mètres). Les puits sont pleins jusqu' au mois de juin, et à l'approche de la campagne agricole le niveau de la nappe effectue une baisse, poussant ainsi les producteurs à les laisser au repos pour qu'ils se remplissent de nouveau. Les munis-forages sont dans les zones où la nappe est peu profonde et permet de remplir les bassines d'eau, alors que dans les zones où la nappe est profonde on note la présence des châteaux d'eau qui sont du reste très minimes dans la commune car exploités uniquement par les grandes exploitations privées. Le plan d'eau « Waygui », long de 6,5 km, est exploité par les producteurs à travers des motopompes. Cependant, l'eau de ce marigot, comme celle des mini-forages, présente une salinité et se détériore par la contamination des bactéries et l'action anthropique.



En effet, 57 % des producteurs enquêtés affirment la salinité de l'eau et la présence du fer dans les parcelles et les sources d'eau, ce qui impacte le bon déroulement du maraîchage et réduit la disponibilité en eau. C'est ainsi que 22 % des producteurs déclarent que l'eau est disponible durant toute l'année contre 78

% qui affirment que l'eau n'est plus suffisamment disponible dans les champs. Cette diminution de la ressource en eau et sa salinité sont imputables, selon 87 % des maraîchers, à la variabilité pluviométrique et à la hausse des températures. Face à ces contraintes, les maraîchers de Sangalkam ont ajusté leurs moyens et techniques de production pour une gestion optimale des ressources hydriques et l'intensification de la production maraîchère. Ainsi, ils ont adopté des techniques d'irrigation qui permettent une utilisation efficiente de l'eau, tout en réduisant les pertes par évaporation et ruissellement. Parmi ces techniques, on note de plus en plus l'utilisation de moyens mécaniques comme les motopompes pour l'exhaure de l'eau à travers un système de pompage à basse pression. Cette méthode est appliquée aujourd'hui par 34 % des maraîchers de la zone (figure 4), d'autant plus que l'eau de surface disponible (marigot de Sangalkam) n'est plus suffisante.

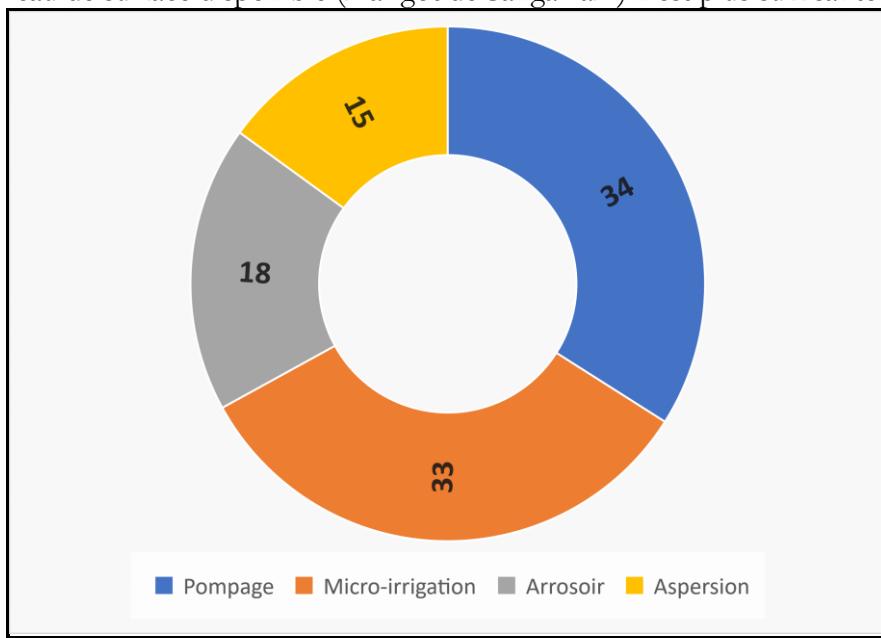


Figure 4 : Types d'irrigation (%) utilisés par les maraîchers de Sangalkam
La micro-irrigation de type goutte à goutte est aussi pratiquée par 33 % des producteurs enquêtés. C'est une méthode d'irrigation localisée qui consiste à distribuer de petites quantités d'eau directement à la zone racinaire des plantes, ce qui permet de réduire au maximum l'utilisation de l'eau et contribuer à une meilleure gestion du stress hydrique des cultures. L'irrigation par aspersion quant à elle est appliquée par 15 % des maraîchers. Il s'agit d'une technique d'irrigation par laquelle l'eau est apportée aux plantes sous la forme d'une pluie artificielle produite par la pulvérisation de l'eau qui se décharge des tuyaux sous pression, ce qui permet aux cultures d'être arrosées de manière homogène et continue. Cependant, il y a toujours 18 % des producteurs qui utilisent la méthode

traditionnelle en allant puiser directement l'eau dans les bassins de rétention pour irriguer leurs champs à l'aide d'un arrosoir.

Outre ces techniques d'irrigation, les producteurs de Sangalkam ont porté leur choix sur les cultures à cycle court, moins exigeantes en eau et plus résistantes aux fluctuations climatiques afin de se mettre à l'abri des mauvais rendements. Les intrants agricoles jouent aussi un rôle essentiel dans la maturation des cultures et une récolte productive. Ce faisant, les maraîchers utilisent des fertilisants de nature différente en fonction de la demande du type de spéculation. Mais les fertilisants les plus utilisés par les producteurs pour booster leurs rendements sont les engrains chimiques de type F1, les matières organiques (fumier, compost...) et les engrains biologiques. En plus, ils effectuent des entretiens jusqu'à la maturation des cultures en adoptant des méthodes comme le désherbage, le déparasitage, le repiquage ou bien les semis multiples.

Ces résultats mettent en évidence le lien entre les variations pluviométriques et la disponibilité des ressources en eau dans la commune de Sangalkam. Des études antérieures ont déjà montré que les niveaux de la nappe ont été influencés négativement par la variabilité et/ou l'insuffisance du volume des précipitations dans le passé (A. Faye, 2019, p. 49). Or, les prévisions montrent que la pluviométrie continuera à être incertaine ; ce qui pourrait menacer l'accès à l'eau et affecter l'activité maraîchère dans le long terme. En effet, dans l'ensemble de la zone des Niayes (Dakar- Saint-Louis) les niveaux piézométriques ont montré une baisse entre 1965 et 1997. Cette baisse est comprise entre 0,64 et 0,94 m³ (M. Camara, 2018, p. 39). Ceci a été prouvé par R. Diatta (2013, p. 49) qui affirmait que la Nappe des Sables du Quaternaire (NSQ) qui constitue la principale source de prélèvement d'eau pour l'irrigation dans cette zone est actuellement à un niveau extrêmement bas résultant d'une longue période déficitaire. Le maximum piézométrique est passé, sur l'ensemble de la région, de +55 m en moyenne en 1958 à +22 m en 1994 (au-dessus du niveau 0 de la mer) avec de fortes variations enregistrées au cours des années 1970 et 1980. En plus de cette baisse, une étude de 38 puits dans les Niayes de Dakar a mis aussi en évidence une pollution de la nappe phréatique par certains polluants organiques persistant utilisés par les producteurs.

Conclusion

Plus grande pourvoyeuse de produits maraîchers au niveau national, la zone des Niayes est aujourd'hui confrontée à des contraintes climatiques qui freinent l'exploitation des terres agricoles. En effet, l'irrégularité des précipitations et la hausse des températures observées ces dernières années ont occasionné une baisse de la nappe phréatique qui constitue la principale source de prélèvement pour l'irrigation des cultures. De plus, il est noté une pollution de la nappe phréatique, un taux de salinité de plus en plus élevé et une contamination des eaux de surface par certaines bactéries et l'action anthropique. Face à ces contraintes,

les maraîchers ont mis en place des systèmes de productions pour une utilisation rationnelle des ressources en eaux afin d'améliorer les rendements agricoles et de garder l'agriculture durable dans la zone. Cependant, les rendements restent toujours insuffisants pour assurer la sécurité alimentaire et subvenir aux besoins des producteurs d'autant plus que les surfaces agricoles sont restreintes à cause de l'expansion de l'urbanisme.

Références bibliographiques

- AGUIAR Lazar Augustin, 2009 : *Impact de la variabilité climatique récente sur les écosystèmes des Niayes du Sénégal entre 1950 et 2004*. Thèse présentée comme exigence partielle du Doctorat en sciences de l'environnement, Université du Québec, 208 p.
- ALI Abdou et LEBEL Thierry, 2008, “The Sahelian Standardized Rainfall Index Revisited”, *International Journal of Climatology*, n°12, p. 1705- 1714, Online, accessed 16 August 2023, URL : <https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/joc.1832>, DOI : <https://doi.org/10.1002/joc.1832>
- ARAUJO BONJEAN C., N'DIAYE A., SANTONI O., 2019 : « A qui profite le retour des pluies ? Le cas des éleveurs du Ferlo », *Études et Documents*, n° 24, CERDI, 33 p.
- BALME M., LEBEL T., AMANI A., 2006 : « Années sèches et années humides au Sahel : *quo vadimus?* ». In *Hydrological Sciences–Journal–des Sciences Hydrologiques*, 51(2), p. 254-271.
- BATIONON Y. D, 2009 : « *Changement climatique et culture maraîchère* ». Mémoire de master en géographie, option biogéographie gestion des ressources, Master de recherche en Géographie, Université de Ouagadougou
- BODIAN A., DIOP L., PANTHOU G., DACOSTA H., DEME A., DEZETTER A., NDIAYE P. M., DIOUF I., VISCHEL T., 2020 : « Recent Trend in Hydroclimatic Conditions in the Senegal River Basin ». *Water*, 12, 436.
- CAMARA M, 2018 : *Approche participative dans la gestion intégrée des ressources en eau de la zone des Niayes de Dakar à Saint-Louis*. Mémoire de master, UCAD
- DASYLVA Sylvestre, COSANDEY Claude : 2005 : « *l'exploitation de la Nappe des Sables du Quaternaire pour l'alimentation en eau potable de Dakar : une offre compromise par l'insuffisance de la recharge pluviométrique* » *Géocarrefour*, 80 (4), 349-358
- DESCROIX Luc, DIONGUE NIANG Aïda, DACOSTA Honoré, PANTHOU Géremy, QUANTIN Guillaume et DIEDHIOU Arona, 2013, « Évolution des pluies de cumul élevé et recrudescence des crues depuis 1951 dans le bassin du Niger-Moyen (Sahel) », *Climatologie*, 10, p. 37-49.
- DESCROIX Luc, DIONGUE NIANG Aïda, PANTHOU Géremy, BODIAN Ansoumana, SANÉ Youssouph, DACOSTA Honoré, MALAM ABDOU Moussa, VANDERVAERE Jean-Pierre et QUANTIN Guillaume, 2015, «

Évolution récente de la pluviométrie en Afrique de l'Ouest à travers deux régions : la Sénégambie et le Bassin du Niger Moyen », *Climatologie*, 12, p. 25-43.

Diatta. R, 2013 : *Impacts de la variabilité pluviométrique sur le maraîchage dans les Niayes aux bords du Lac Retba*. Mémoire de master, Géographie, FLSH-UCAD

DIEDHIOU Yaya Mansour, 2018 : *Impacts de l'évolution climatique récente dans les communes de Bona et Diacounda, dans le département de Bounkiling et stratégies d'adaptation des populations*. Thèse de doctorat unique, département de géographie, faculté des lettres et sciences humaines, école doctorale, Etudes sur l'Homme et la Société (ET.HO.S), Dakar, 354 p.

DIEDHIOU Y. M., KONTE O., SAGNA P., DIOP C., NDIAYE O., SAMBOU P. C., 2021 : « *Analyse des débuts et fins d'hivernage au Sénégal de 1981 à 2016* ». *Revue de Géographie du Laboratoire Leidi (RGLL)*, n° 25, p. 65-84.

Faye. A, 2019 : *Climat et agriculture au Sénégal : Analyse économique de la disponibilité de l'eau d'irrigation dans un contexte de variabilité des précipitations dans les Niayes*. Thèse de doctorat, formation doctorale : Economie et changement climatique, FASEG-UCAD

FAYE C., SOW A. A. ET NDONG J. B., 2015 : « *Étude des sécheresses pluviométriques et hydrologiques en Afrique tropicale : caractérisation et cartographie de la sécheresse par indices dans le haut bassin du fleuve Sénégal* ». *Physio-Géo*, 9, p. 17 à 35.

GIEC,2014 : « *Eau et changement climatique* ». *Note recherche*,

KANDJI Serigne Tacko, VERCHOT Louis and MACKENSEN Jens, 2006, *Climate Change and Variability in the Sahel Region: Impacts and Adaptation Strategies in the Agricultural Sector*, UNEP & ICRAF, Nairobi.

LAMB P. J., 1982 : « *Persistence of Subsaharan drought* ». *Nature*, 299, p. 46-47.

L'HÔTE Yann, MAHÉ Gil, SOMÉ Bonaventure and TRIBOULET Jean Pierre, 2002, “Analysis of a Sahelian Annual Rainfall Index from 1896 to 2000 : the Drought Continues”, *Hydrological Sciences*, n°47, p. 563-572.

LEROUX Marcel, 1995 : « *La dynamique de la grande sécheresse sahélienne/Dynamics of the Great Sahelian Drought* ». In *Revue de géographie de Lyon*, Vol. 70, n°3-4, p. 223-232.

MCKEE T. B., N. J. DOESKEN, AND J. KLEIST, 1993 : « *The relationship of drought frequency and duration of time scales* ». *Eighth Conference on Applied Climatology, American Meteorological Society, Jan 17-23, 1993, Anaheim CA*, p.179-186. MAHÉ Gil and OLIVRY Jean-Claude, 1999, “Assessment of Freshwater Yields to the Ocean along the Intertropical Atlantic Coast of Africa (1951-1989)”, *Earth & Planetary Sciences*, n°328, p. 621-626.

NICHOLSON Sharon E., 2013, “The West African Sahel : A Review of Recent Studies on the Rainfall Regime and Its Interannual Variability”, *ISRN Meteorology*, Volume 2013 | Article ID 453521, Online, accessed 16 August 2023, URL : <https://www.hindawi.com/journals/ism/2013/453521/>, DOI : <https://doi.org/10.1155/2013/453521>

OMM, 2023 : Etat du climat mondial 2022. N° 1316, 55p

OZER Pierre, BODART Catherine et TYCHON Bernard, 2005, « Analyse climatique de la région de Gouré, Niger oriental : récentes modifications et impacts environnementaux », *Cybergeo : Revue européenne de géographie*, n°308, p. 1-24, En ligne, consulté le 16 août 2023, URL : <http://journals.openedition.org/cybergeo/3338>, DOI : <https://doi.org/10.4000/cybergeo.3338>

SAGNA Pascal, 2007 : « Caractéristiques climatiques ». In *Atlas du Sénégal*, Paris, Editions Jeune Afrique, pp. 66-69.

SAGNA P., NDIAYE O., DIOP C., NIANG A. D., SAMBOU P. C., 2015 : « Les variations récentes du climat constatées au Sénégal : sont-elles en phase avec les descriptions données par les scenarios du GIEC ? » *Pollution atmosphérique*, n° 227. URL : <http://lodel.irevues.inist.fr/pollutionatmospherique/index.php?id=5320>.

SAGNA P., DIPAMA J. M., VISSIN E. W., DIOMANDÉ B. I., DIOP C., CHABI P. A. B., SAMBOU P. C., SANÉ T., KARAMBIRI, KOUDAMILORO O., DIÉDHIOU Y. M., YADE M., 2021 : « Climate change and water resources in West Africa : A case study of Ivory Coast, Benin, Burkina Faso and Senegal », In Diop S., Scheren P., Niang A. (ed.) : *Climate Change and Water Resources in Africa. Perspectives and Solutions Towards an Imminent Water Crisis*, Springer Nature Switzerland AG, Switzerland, p. 55-86.

SAMBOU Pierre Corneille, 2015 : *Evolution 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 de géographie, FLSH, UCAD, 456 p.

SANE Tidiane, 2017 : *Vulnérabilité et adaptabilité des systèmes agraires à la variabilité climatique et aux changements sociaux en Basse- Casamance (Sud-Ouest du Sénégal)*. Thèse de Doctorat unique en cotutelle internationale, Université Paris-Diderot-Paris 7 – Université Cheikh Anta Diop de Dakar, France-Sénégal, 376 p.