

Sous la direction de  
**Cheikh Samba WADE**  
**Mamadou Ndong TOURÉ**

# **TERRITOIRES, CLIMAT ET SANTÉ**

***Approches pluridisciplinaires  
et perspectives d'adaptation en Afrique***

**Préface du Pr Daouda NGOM**

**Ministre de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche et de l'Innovation  
Ancien ministre de l'Environnement et de la Transition Écologique (METE)**



# **TERRITOIRES, CLIMAT ET SANTÉ**

**Approches pluridisciplinaires et  
perspectives d'adaptation en Afrique**

**Sous la direction de :  
Cheikh Samba WADE  
Mamadou Ndong TOURÉ**

# **TERRITOIRES, CLIMAT ET SANTÉ**

## **Approches pluridisciplinaires et perspectives d'adaptation en Afrique**

**Préface du Pr Daouda NGOM**

Ministre de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche et de l'Innovation  
Ancien ministre de l'Environnement et de la Transition Écologique (METE)



Ce livre a été édité avec la collaboration de



© L'HARMATTAN-SÉNÉGAL, 2026  
10 VDN, Sicap Amitié 3, Lotissement Cité Police, DAKAR

senharmattan@gmail.com  
senlibrairie@gmail.com

ISBN : 978-2-336-59343-2  
EAN : 9782336593432

## **Comité scientifique**

---

Pr Aminata NIANG DIÉNE

Pr Cheikh AYE

Pr Seynabou LO

Pr Boubou Aldiouma SY

Pr Cheikh Samba WADE

Dr Narcisse ABOYA

Dr Ibrahima BAO

Dr Sambou NDIAYE

Dr Jacques André NDIONE

Dr Ibrahima SY

Dr Mame Cheikh NGOM

Dr Coura KANE

Dr Djibrirou BA

## SOMMAIRE

---

<b>AVANT-PROPOS .....</b>	<b>13</b>
<b>PRÉFACE .....</b>	<b>17</b>
<b>CONTEXTE ET PROBLEMATIQUE .....</b>	<b>21</b>

<b>CHAPITRE 1 : DYNAMIQUES CLIMATIQUES ET MODÉLISATIONS DES RISQUES .....</b>	<b>27</b>
-----------------------------------------------------------------------------------	-----------

<b>Évolution et caractérisation des vagues de chaleur dans les régions côtières sénégalaises : approche climatologique et géospatiale ....</b>	<b>29</b>
<i>Moussa Sow, Labaly Touré, Demba Gaye</i>	

<b>Tendances passées et projections futures des températures extrêmes dans le bassin versant du Sine-Saloum (Sénégal).....</b>	<b>49</b>
<i>Philippe Malick Dione, Cheikh Faye, René Ndimag Diouf</i>	

<b>Prédiction des hospitalisations liées aux vagues de chaleur en utilisant l'intelligence artificielle : étude de cas à Matam .....</b>	<b>71</b>
<i>Mory Toure, Ibrahima Sy, Ibrahima Diouf, Ousmane Gueye, Endalkachew Bekele, Md Abul Ehsan Bhuiyan, Marie Jeanne Sambou, Papa Ngor Ndiaye, Wassila Mamadou Thiaw, Daouda Badiane, Aida Diongue-Niang, Amadou Thierno Gaye, Ousmane Ndiaye and Adama Faye</i>	

<b>Cartographie de la vulnérabilité aux vagues de chaleur dans les départements nord du Sénégal : approche par indices composites .....</b>	<b>115</b>
<i>Amadou Barry, Birane Cisse, Ibrahima Sy, Mbagnick Diop, Khady Faye, Aminata Niang Diéne</i>	

**CHAPITRE 2 : CHANGEMENTS CLIMATIQUES, SANTÉ ET VULNÉRABILITÉS DIFFÉRENCIÉES..... 127**

**Changement climatique et impacts sur la santé reproductive en zone urbaine côtière : vulnérabilités aux inondations et enjeux sanitaires à Keur Massar ..... 129**

*Djibrirou Daouda Ba*

**Inondations et enjeux sanitaires dans le bassin du fleuve Sénégal : problématique de la prévalence des maladies hydriques..... 149**

*Mamadou Ndong Touré, Coura Kane*

**Vulnérabilités climato-sanitaires et santé urbaine à Ziguinchor (Sénégal) : analyse croisée des maladies hydriques, vectorielles et respiratoires. .... 173**

*Djiby Sow, Dimitri Samuel Adjanohoun, Elhadj Mamadou Ndiaye, Tatiana Dieye Pouye Mbengue, Cheikh Samba Wade*

**Vulnérabilités différenciées et adaptations expérientielles face aux maladies climato-sensibles : regards et représentations communautaires sur les perturbations climatiques et leurs effets au Sénégal..... 193**

*Ndione Albert Gautier, Badji Mouhamed Ahmed, Diedhiou Adams, Touré Mamadou Ndong*

**Analyse de la vulnérabilité des communautés insulaires face à la salinisation des terres : exemple de la commune de Loul Sessène ..... 225**

*Coura Kane*

**Instances pathogènes et itinéraires thérapeutiques au Sénégal . 237**

*Ibrahima Bao, Seynabou Lo, Modou Diouf*

**Joal-Fadiouth, une commune sujette aux inondations : quelles stratégies de résilience des acteurs locaux ? ..... 253**

*Léopold Waly Ndiaye*

<b>Vulnérabilités sanitaires face aux changements climatiques au Sénégal : enseignements du PNAS-santé et perspectives d'adaptation communautaire .....</b>	<b>267</b>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------

*Ibrahima Diouf, Jacques-André Ndione,  
Amadou Thierno Gaye*

<b>CHAPITRE 3 : TERRITOIRES, ÉCOSYSTÈMES ET SANTÉ ENVIRONNEMENTALE .....</b>	<b>287</b>
------------------------------------------------------------------------------	------------

<b>Arboriculture et changement climatique : analyse des risques de maladies et insectes ravageurs des plantes d'anacardiens (<i>Anacardium occidentale</i> Linnaeus) dans la Commune de Toubacouta (Delta du Saloum) .....</b>	<b>289</b>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------

*Dr. Mamadou Ndiaye, Pr Boubou Aldiouma Sy*

<b>Genre, précarité et exposition environnementale dans les territoires miniers au Mali : l'exemple du dragage fluvial à Kenieroba .....</b>	<b>307</b>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------

*Dansiné Diarra*

<b>Résilience des femmes face aux effets du changement climatique dans les activités halieutiques post-capture à Grand-Lahou sud-ouest de la Côte d'Ivoire .....</b>	<b>323</b>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------

*Narcisse Aboya, Jean Bruce Agnero*

<b>Climat- santé et territoires : vulnérabilités et résilience en contexte de changement climatique et d'exploitation gazière. Une lecture à partir de la langue de barbarie (saint- louis) .....</b>	<b>343</b>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------

*Pr Sambou NDIAYE, Dr Saliou KAMARA*

<b>Impacts sanitaires et environnementaux des activités de la réserve animalière de Bandia (Mbour-Sénégal) face au changement climatique : analyse et perception des habitants des villages riverains de Bandia, Sindia, Copgoyane et Ndiogoye .....</b>	<b>367</b>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------

*Dr Mame Cheikh Ngom*



**Amiante et arsenic à Bel-Air (Sénégal) : un héritage toxique, une urgence environnementale et sanitaire territoriale. .... 385**

*Dr. Kokou Hometowou Jeru Achyl Hounogbe*

**CHAPITRE 4 : RESILIENCE COMMUNAUTAIRE, SAVOIRS LOCAUX ET GOUVERNANCE..... 397**

**Les risques sanitaires climatiques au prisme de la vulnérabilité des communautés paysannes dans les zones côtières continentales et insulaires du Sine Saloum au Sénégal ..... 399**

*Dimitri Samuel Adjanohoun, Djiby Sow, Tatiana Dieye Pouye Mbengue, Cheikh Samba Wade*

**Analyse socio-anthropologique de l'impact des changements environnementaux sur les identités culturelles, les traditions et les pratiques communautaires dans les Îles du Saloum ..... 417**

*Oumar Faye*

**Santé communautaire et résilience au changement climatique : Analyse du rôle et responsabilités des acteurs locaux (collectivité territoriale, chefs de village, imams, *bajenou gox*, DSDOM...) .. 433**

*Mor Faye*

**Intégration des politiques de santé climatique dans les stratégies nationales de développement du Sénégal ..... 455**

*Boucar Diouf & Mbayang Thiam*

**Situations de vulnérabilités et résilience des communautés face aux changements climatiques et à leurs effets au Sénégal ..... 481**

*Badji Mouhamed Ahmed, Ndione Albert Gautier, Diedhiou Adams, Touré Mamadou Ndong*

## **Vulnérabilités sanitaires face aux changements climatiques au Sénégal : enseignements du PNAS-santé et perspectives d'adaptation communautaire**

---

*Ibrahima Diouf<sup>1</sup>, Jacques-André Ndione<sup>2</sup>, Amadou Thierno Gaye<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Laboratoire de Physique de l'Atmosphère et de l'Océan Siméon Fongang (LPAO-SF), UCAD, Dakar, Sénégal

<sup>2</sup> Faculté des Sciences et Techniques, Université de Labé, Labé, Guinée

<sup>3</sup> Agence Régionale pour l'Agriculture et l'Alimentation (ARAA/CEDEAO), Lomé, Togo

### **Abstract**

#### **HEALTH VULNERABILITIES TO CLIMATE CHANGE IN SENEGAL: LESSONS LEARNED FROM THE PNAS-SANTÉ AND PROSPECTS FOR COMMUNITY ADAPTATION**

Senegal is experiencing increasing climate risks. As part of the National Health Sector Adaptation Plan (PNAS), an evaluation covering ten (10) health districts in five (05) regions (Matam, Saint-Louis, Kaffrine, Kédougou and Ziguinchor) combined: i) climatic data, ii) health, iii) socio-economic, as well as iv) participatory approaches. The results show that heat extremes worsen cardiovascular, respiratory and metabolic diseases. Changes in rainfall influence the dynamics of malaria, dengue fever and diarrhoeal diseases. Floods and droughts affect food security and access to safe drinking water. Floods sometimes destroy health centres and make roads impassable, jeopardising the evacuation of the sick and their vital prognosis. In some places, the impossibility of moving around accentuates the health isolation. Children, the elderly, the chronically ill and low-income households appear to be the most exposed groups. Community-based initiatives (early warning systems, reforestation, water infrastructure, mobile medical campaigns) build resilience, but remain constrained by lack of funding and weak intersectoral coordination. The PNAS proposes four strategic axes: 1) integration of climate into health policies; 2) strengthening the resilience of systems and communities; 3) improved health surveillance; and (4) mobilizing sustainable financing. The Senegalese experience illustrates the importance of integrated health-climate-territory approaches, combining local knowledge, community innovations and institutional support, to strengthen health resilience to climate change.

Keywords : health – climate change – adaptation - Sénégal

## I. Introduction

Une alternance de périodes climatiques a marqué l'histoire récente du Sahel : une phase humide entre 1940 et 1970, suivie d'une longue sécheresse de 1971 à 2000 (Lebel & Ali, 2009). Les décennies 1970 et 1980 furent particulièrement marquées par de sévères épisodes de sécheresse. Au cours des dernières années, une rémission pluviométrique est observée dans plusieurs pays sahéliens, y compris le Sénégal. Toutefois, les cumuls pluviométriques restent inférieurs aux niveaux enregistrés avant la grande sécheresse (FALL ET AL., 2006 ; SYLLA ET AL., 2016A ; DIOUF ET AL., 2020 ; DIOUF ET AL., 2023).

Les changements climatiques, amplifiés depuis l'ère industrielle et particulièrement au cours des trois dernières décennies, se traduisent par une intensification des vagues de chaleur, des tempêtes, des inondations et des incendies. Ils représentent l'une des menaces majeures pour la santé humaine au XXI<sup>e</sup> siècle, en aggravant la morbidité et la mortalité, notamment parmi les populations vulnérables. Ils favorisent également la recrudescence de maladies hydriques (diarrhées, choléra), chroniques (AVC, diabète, hypertension), respiratoires (IRA, pneumonie, méningite) et vectorielles (paludisme, dengue) (WHO, 2015 ; WHO, 2021 ; HANLEY ET AL., 2019).

Le Sénégal, particulièrement exposé en raison de sa position sahélienne et côtière, enregistre déjà une hausse de certaines pathologies, aggravée par la fragilité de son système de santé et des capacités institutionnelles limitées (WHO, 2014 ; WHO, 2021). Face à ces défis, l'État a inscrit la résilience sanitaire parmi ses priorités d'adaptation, notamment à travers la Contribution Déterminée Nationale (CDN, 2021) et le Plan National d'Adaptation (PNA). Ces initiatives nécessitent un renforcement des capacités du Ministère de la Santé et de l'Action Sociale (MSAS) et une intégration systématique des enjeux climat-santé dans la planification nationale.

Selon le **MSAS (2019)**, dans son *Plan National de Développement Sanitaire et Social (PNDSS) 2019–2028*, l'état de santé de la population sénégalaise demeure préoccupant, caractérisé par :

1. des taux encore élevés de morbidité et de mortalité maternelle et infanto-juvénile ;

2. une persistance du fardeau des maladies transmissibles, malgré des progrès notables ;
3. une croissance rapide du poids des maladies non transmissibles (MNT), souvent chroniques et coûteuses.

Parmi les maladies émergentes, les zoonoses constituent également une menace grandissante. Quant au paludisme, bien qu'en recul ces dernières années, il reste une préoccupation majeure de santé publique. La plupart de ces pathologies sont désormais documentées dans des travaux scientifiques établissant un lien avec la variabilité et/ou les changements climatiques. Toutefois, les études demeurent souvent limitées à des zones restreintes, notamment pour les maladies diarrhéiques. À ce titre, le **projet LIRA 2030** (*Reducing Diarrhoeal Burden under Climate Change in Urban Contexts: an Integrated Approach for Sustainability in West African Medium-sized Cities*) a permis d'explorer les interactions entre climat, urbanisation et maladies diarrhéiques dans la ville de Mbour, illustrant la vulnérabilité des milieux urbains sénégalais face aux changements climatiques.

Enfin, la problématique des vagues de chaleur, appelée à s'intensifier dans les décennies à venir, s'ajoute aux menaces existantes pour la santé publique, avec un ensemble de conséquences sanitaires encore mal évaluées mais potentiellement graves.

## II. Approche et méthodologie

L'étude a été conduite dans dix (10) districts sanitaires répartis dans cinq (05) régions : Saint-Louis (Saint-Louis, Pété), Matam (Matam, Ranérou), Kaffrine (Kaffrine, Mbirkelane), Kédougou (Kédougou, Salémata) et Ziguinchor (Ziguinchor, Oussouye). Ces zones ont été sélectionnées en raison de leur diversité climatique et socio-économique : zones côtières exposées aux inondations et à l'érosion, zones sahéliennes sujettes aux sécheresses, ainsi que zones forestières et minières caractérisées par des températures élevées. Cette diversité géographique et socio-environnementale offre un cadre propice à l'observation de l'éventail des risques sanitaires liés au climat et des réponses communautaires possibles.

Les analyses ont mobilisé plusieurs outils complémentaires :

- la **cartographie par Système d'Information Géographique (SIG)** pour identifier et visualiser les zones d'exposition ;

- le **calcul d'indices de vulnérabilité**, intégrant l'exposition, la sensibilité et la capacité d'adaptation ;
- la **modélisation vectorielle** appliquée au paludisme et à la dengue (capacité vectorielle relative de *Aedes aegypti*) ;
- une **analyse qualitative des perceptions locales**, afin de documenter les savoirs et stratégies communautaires.

Le cadre méthodologique d'analyse de la résilience du secteur de la santé adopté s'inspire des **dix (10) composantes de l'OMS pour la construction de systèmes de santé résilients** : gouvernance, ressources humaines, infrastructures, approvisionnement, information, communication, financement, préparation aux urgences, recherche et innovation.

### III. Résultats

#### III.1 Changements climatiques au Sénégal

Le Sénégal se situe dans une zone de climat tropical, caractérisée par des températures généralement élevées et une humidité variable. Les moyennes mensuelles maximales et minimales de température sont respectivement de 30 °C et 18 °C, tandis que la moyenne annuelle des précipitations varie entre 250 et 1200 mm. Le climat est marqué par deux (02) saisons contrastées : une saison des pluies, de juin à octobre, et une saison sèche couvrant les mois restants de l'année.

L'analyse des tendances climatiques de la période 1991–2023 met en évidence une forte variabilité des températures (minimales, moyennes et maximales) ainsi que de la pluviométrie. La variation saisonnière montre que les mois les plus frais, de novembre à février, coïncident avec des précipitations très faibles, souvent inférieures à 10 mm par mois. À l'inverse, les mois de mars à mai sont marqués par une hausse progressive des températures et une faible pluviométrie, jusqu'au démarrage de la saison des pluies en juin.

La période de juin à septembre correspond aux mois les plus chauds et les plus humides, avec un maximum pluviométrique en août où les cumuls mensuels dépassent parfois 200 mm. Après la saison des pluies, les températures demeurent relativement élevées en octobre, mais les précipitations diminuent progressivement, atteignant moins de 50 mm en novembre et décembre.

Les projections climatiques confirment une **tendance généralisée à la hausse des températures** sur l'ensemble du territoire, tant à court qu'à long terme (Figures ia à id). Les codes de couleur varient du bleu (diminution) au rouge foncé (augmentation). Sous le scénario SSP245, l'élévation des températures est estimée entre +0,4 °C et +0,8 °C (Figures ia et ic). Pour le scénario SSP585, elle varie entre +1 °C et plus de +1,8 °C (Figures ib et id). Les différents modèles convergent vers des résultats cohérents concernant l'évolution des températures moyennes.

On observe une augmentation des températures **moins marquée dans l'ouest du pays**, notamment dans les régions de Dakar et Thiès ainsi que le long du littoral, incluant les districts d'Oussouye et Ziguinchor. En revanche, le réchauffement le plus prononcé concerne l'est du pays, particulièrement les régions de Matam (districts de Matam et Ranérou) et de Tambacounda. Cette hausse est **plus modérée à l'horizon du futur proche**, mais **nettement plus significative à long terme**.

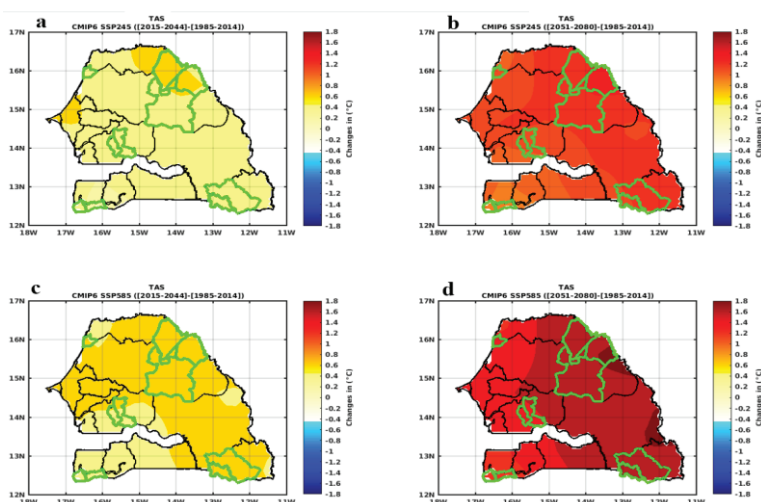


Figure i : Changements (futur moins période de référence) de la température moyenne annuelle (en °C) pour le futur proche (2015-2044, panneaux à gauche) et le futur lointain (2051-2080, panneaux à droite) et pour SSP545 (panneaux supérieurs) et RCP8.5 (panneaux inférieurs).

Pour analyser l'évolution temporelle des indices d'intensité et de fréquence retenus dans cette étude, nous avons calculé et cartographié leurs tendances spatiales sous le scénario SSP585, comme illustré à la

Figure ii pour le futur proche et à la Figure iii pour le futur lointain. Les codes de couleur varient du bleu (diminution) au rouge foncé (augmentation).

Pour la période 2015–2044 (futur proche), plusieurs indices révèlent des changements notables. Par exemple, la Figure iib met en évidence une **diminution du nombre maximal de jours humides (CWD)**, de la **moyenne des précipitations quotidiennes (SDII)** (Figure iid), du **cumul maximal de précipitations sur cinq jours consécutifs (R5xday)** (Figure iie), ainsi que des **fréquences de jours de pluie  $\geq 10$  mm et  $\geq 20$  mm (R10mm, R20mm)** (Figures iig et iih). Dans la vallée du fleuve Sénégal (districts de Saint-Louis, Pété, Matam et Ranérou), ces diminutions atteignent environ –15 % pour le SDII et jusqu’à –50 % pour le CWD.

En revanche, des tendances opposées apparaissent pour les indices **R95PTOT** (Figure iif) et **PRCPTOT** (Figure iii), signalant une augmentation des précipitations totales (+8 %) et des événements de fortes pluies (+18 %). Ces résultats illustrent une situation paradoxale : le **nombre de jours secs consécutifs (CDD)** pourrait augmenter, alors que les **jours avec événements extrêmes (R95PTOT)** deviennent plus fréquents, tandis que le nombre total de jours pluvieux diminue. Dans ces conditions, les cumuls pluviométriques annuels ou saisonniers peuvent globalement baisser, malgré des épisodes plus intenses.

Concernant spécifiquement la fréquence des jours secs consécutifs (CDD) (Figure iia), une **diminution allant jusqu’à –30 %** est observée dans la moitié nord du pays, y compris dans les districts du fleuve Sénégal (Saint-Louis, Pété, Matam et Ranérou), alors qu’une **augmentation pouvant atteindre +30 %** se manifeste au sud-ouest, à l’exception de Kédougou, Salémata et de l’est de la Casamance (Ziguinchor et Oussouye). Ces contrastes pourraient avoir des implications majeures pour la gestion de l’eau et l’adaptation des activités humaines, en particulier dans les secteurs agricole et de l’accès à l’eau potable.

Pour le nombre total de jours de pluie (RR1) (Figure iic), une tendance à la diminution est constatée dans la majorité du territoire, y compris à Ziguinchor et Oussouye, tandis qu’une **hausse pouvant atteindre +40 %** est notée dans les districts de Saint-Louis, Pété, Matam et Ranérou.



À l’horizon du futur lointain (2051–2080), la Figure iii révèle de nouvelles dynamiques. Les indices tels que **CWD** (Figure iiib), **RR1** (Figure iiic), **SDII** (Figure iiid) et **R10mm** (Figure 5g) montrent une tendance à la baisse dans les régions du sud et du centre, alors que les districts du nord présentent une tendance inverse. Paradoxalement, les indices **R5xday** (notamment dans la moitié ouest, Figure iiie), **R95PTOT** (sur l’ensemble du pays) et **R20mm** (sauf sur la façade ouest, dont Ziguinchor et Oussouye, Figures iiif et iiig) indiquent une **augmentation des pluies extrêmes**. Ces évolutions suggèrent une intensification des conditions pluviométriques extrêmes, susceptibles d’avoir des conséquences importantes sur la capacité des écosystèmes et des communautés locales à faire face aux impacts climatiques.

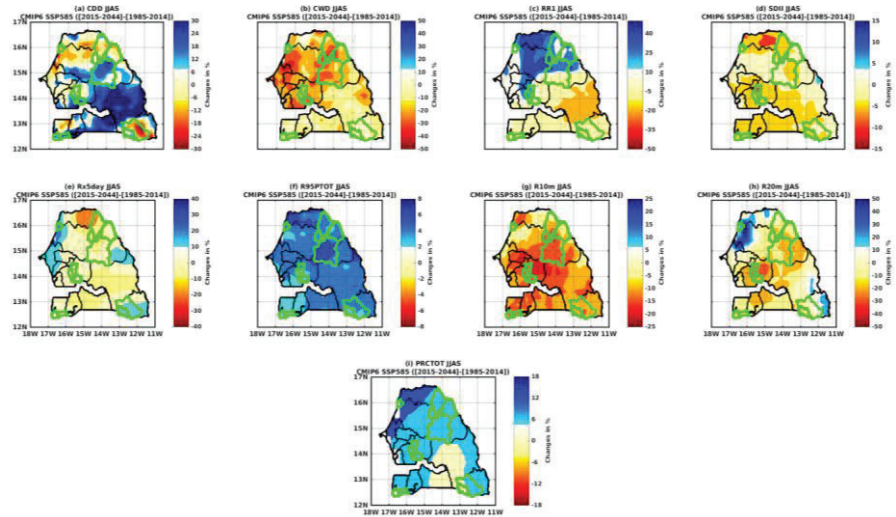


Figure ii : Distribution spatiale des indices de précipitations au Sénégal : changements dans le futur proche (2015–2044) sous le scénario SSP245 par rapport à la période de référence (1985–2014). Les taux de variations sont exprimés en %.



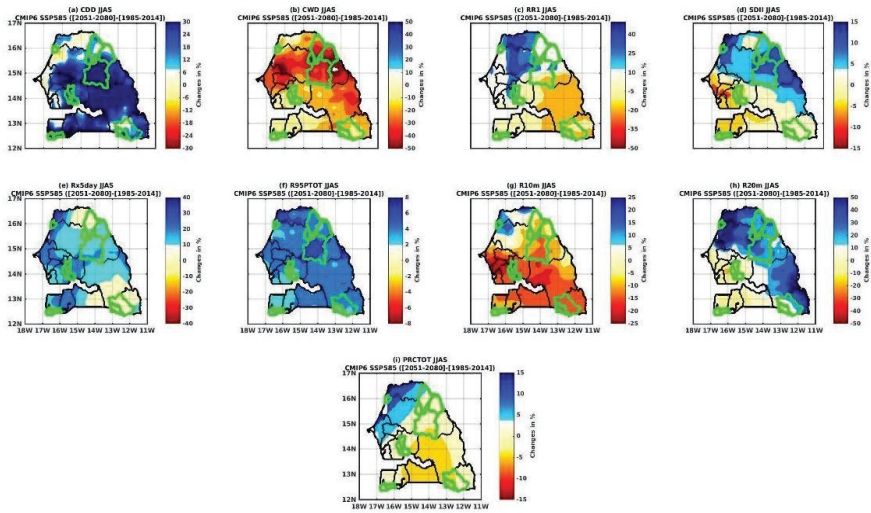


Figure iii : Distribution spatiale des indices de précipitations au Sénégal : changements dans le futur lointain (2051–2080) sous le scénario SSP245 par rapport à la période de référence (1985–2014). Les taux de variations sont exprimés en %.

### III.1 Modélisation des impacts sanitaires liés aux changements climatiques

Nous avons modélisé les impacts sanitaires des changements climatiques en mettant l'accent sur deux (02) groupes de pathologies :

1. les **maladies climato-sensibles à transmission vectorielle** (principalement le paludisme et la dengue),
2. les **maladies aggravées par les vagues de chaleur**, pour lesquelles des preuves empiriques existent déjà au Sénégal.

Les résultats indiquent que les **cas de paludisme sont fortement corrélés aux précipitations**, avec une augmentation des incidences dans l'ensemble des districts étudiés, particulièrement pendant et immédiatement après la saison des pluies.

Les Figures i à v illustrent la **variabilité saisonnière** de l'incidence et du nombre de cas dans les districts de Matam, Saint-Louis, Kaffrine, Kédougou et Ziguinchor.

- Les cartes d'incidence (1ère ligne) utilisent un **code couleur allant du jaune clair (faible incidence) au rouge foncé (incidence élevée)**.

- Les cartes de cas observés (2ème ligne) emploient une échelle allant du vert (nombre de cas réduit) au rouge (nombre de cas élevé).

Une **hausse marquée de l'incidence** est particulièrement visible durant la saison septembre–novembre (colonnes 4, Figures iv à ix), confirmant la forte sensibilité du paludisme à la dynamique pluviométrique saisonnière.

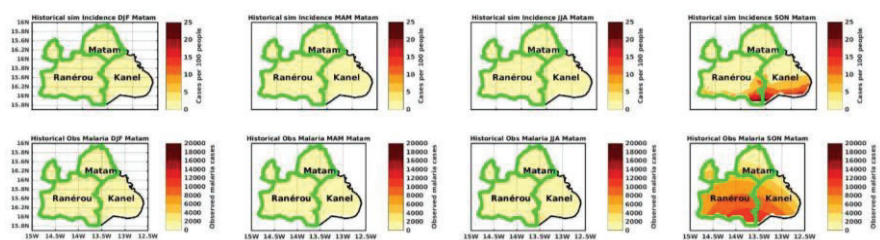


Figure iv : Variabilité spatiale de l'incidence saisonnière du paludisme et validation avec des cas observés dans la région de Matam pour la période historique de 2017 à 2022.

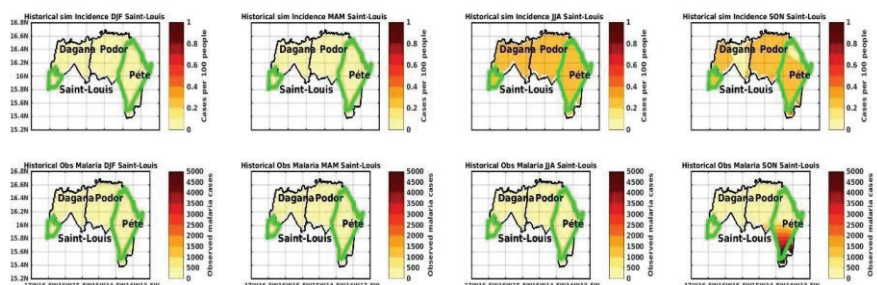


Figure v : Variabilité spatiale de l'incidence saisonnière du paludisme et validation avec des cas observés dans la région de Saint-Louis pour la période historique de 2017 à 2022.

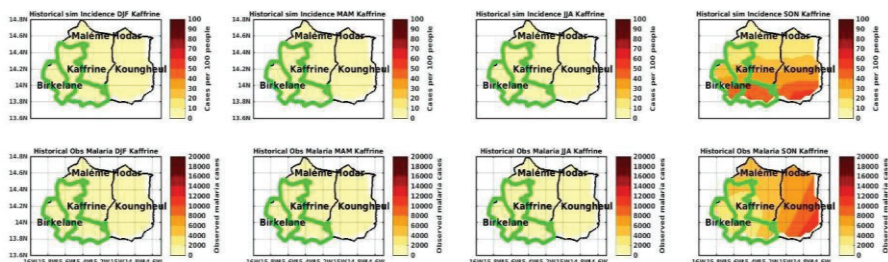


Figure vi : Variabilité spatiale de l'incidence saisonnière du paludisme et validation avec des cas observés dans la région de Kaffrine pour la période historique de 2017 à 2022.

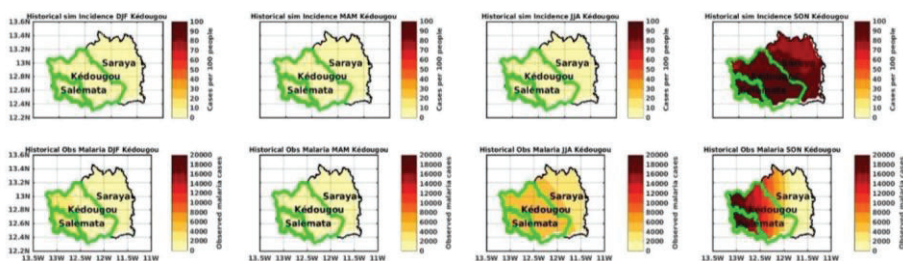


Figure viii : Variabilité spatiale de l'incidence saisonnière du paludisme et validation avec des cas observés dans la région Kédougou pour la période historique de 2017 à 2022.

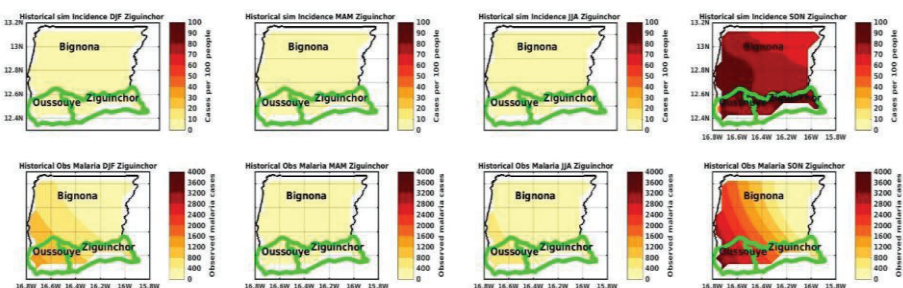


Figure ix : Variabilité spatiale de l'incidence saisonnière du paludisme et validation avec des cas observés dans la région de Ziguinchor pour la période historique de 2017 à 2022.

La **Figure x** présente la capacité vectorielle relative ( $rVc$ ) d'*Aedes aegypti* pour la transmission de la dengue au cours de la période 1985–2014. Les zones en **jaune clair** correspondent à une  $rVc$  faible, tandis que les zones en **rouge** traduisent une  $rVc$  élevée.

- À **Saint-Louis**, le centre de la région enregistre des valeurs atteignant 2, indiquant un risque supérieur à la moyenne, entouré de zones périphériques à risque plus faible (vert/jaune).
- À **Matam**, la quasi-totalité du territoire présente des valeurs élevées, avec un centre fortement dominé par le rouge, traduisant un potentiel de transmission particulièrement important.
- À **Kaffrine**, une forte capacité vectorielle est observée autour du centre, contrastant avec des valeurs plus faibles en périphérie (zones vertes).

- À **Ziguinchor**, le centre et le nord-est révèlent des niveaux de risque élevés, alors que les zones côtières et méridionales demeurent relativement moins exposées.

Ces résultats mettent en évidence des **variations spatiales marquées** dans la capacité de transmission de la dengue. Les zones **centrales et septentrionales** apparaissent comme les plus vulnérables, suggérant un besoin accru de surveillance épidémiologique et d'actions ciblées de prévention dans ces localités.

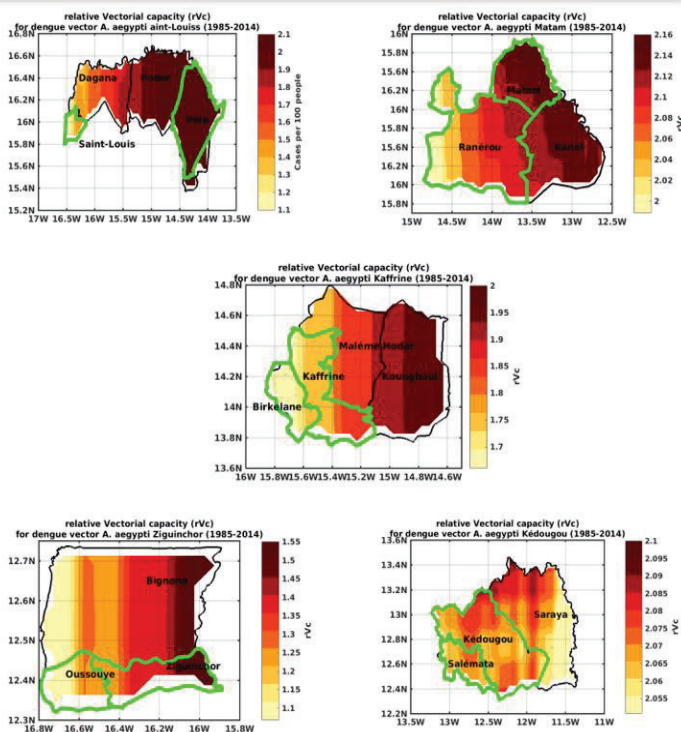
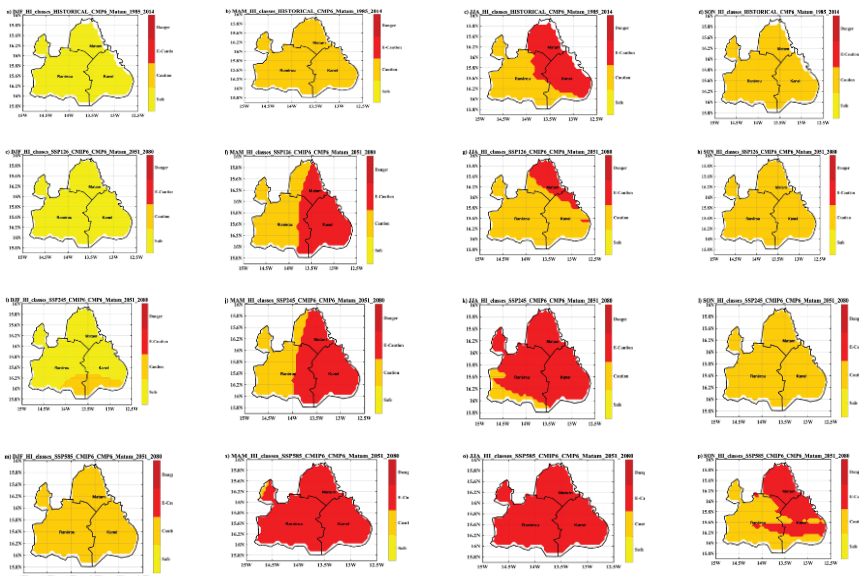


Figure x : Distribution spatiale de l'indice rVc (capacité vectorielle relative) dans les 5 régions prioritaires pour la période historique (1985-2014).

L'analyse des **maladies non transmissibles (MNT) sensibles aux vagues de chaleur** repose sur l'étude de la variabilité spatio-temporelle de l'**indice de confort thermique (IC)**, qui combine température et humidité dans les régions prioritaires. L'objectif est de relier ces variations aux niveaux de prévalence et de gravité des maladies, afin de mieux évaluer les risques sanitaires et de définir des stratégies d'adaptation appropriées.

La **Figure xi** présente les catégories de l'IC issues des données CMIP6 pour quatre saisons : décembre–janvier–février (DJF), mars–avril–mai (MAM), juin–juillet–août (JJA) et septembre–octobre–novembre (SON).

- En **DJF** (Figures xi a, e, i, m), la région de Matam demeure globalement en zone sans danger, à l'exception du scénario SSP585 où l'inconfort s'étend à l'ensemble du territoire.
- En **MAM** (Figures xi b, f, j, n), l'extrême inconfort domine, particulièrement dans l'est de Matam, très exposé sous les scénarios SSP126 et SSP245. Sous SSP585, la totalité de la région se retrouve en zone de danger (Figure xi m).
- En **JJA** (Figures xi c, g, k, o), Matam et Kanel connaissent déjà des conditions d'extrême prudence dans la période historique et sous SSP126. Ces conditions s'étendent progressivement à toute la région sous SSP245 et SSP585.
- En **SON** (Figures xi d, h, l, p), les conditions sont similaires à celles observées en JJA, avec toutefois un signal plus marqué d'extrême prudence dans l'est de la région sous le scénario SSP585 (Figure xi p).



Ces résultats montrent que les **vagues de chaleur futures risquent d'amplifier fortement l'exposition aux maladies non**



**transmissibles**, en particulier dans les zones sahéliennes comme Matam, où les conditions d'extrême prudence et de danger deviennent prépondérantes sous les scénarios climatiques les plus pessimistes.

Figure xi : Distribution spatiale de classes d'indice de confort saisonnier (IC) à Matam pour a-d) période historique (1985-2014), et e-p) pour le futur lointain (2051-2080) pour les scénarios SSP12.6, SSP245, SSP585 des modèles d'ensemble des CMIP6. DJF = décembre-janvier-février ; MAM = mars-avril-mai ; JJA = juin-juillet-août ; SON = septembre-octobre-novembre.

La **Figure xii** illustre les indices de confort (IC) calculés à partir des données CMIP6 (température et humidité) pour les quatre saisons : décembre-janvier-février (DJF), mars-avril-mai (MAM), juin-juillet-août (JJA) et septembre-octobre-novembre (SON).

- En **DJF** (Figures xii a, e, i, m), la région de Saint-Louis demeure globalement en zone sans danger, à l'exception du scénario SSP585 où un signal d'inconfort apparaît dans l'ouest du département de Podor. On observe également un **déplacement progressif des vagues de chaleur** de la saison MAM vers la saison JJA.
- En **MAM** (Figures xii b, f, j, n), l'extrême inconfort prédomine, notamment à l'est de Podor où des zones d'extrême prudence, voire de danger, sont identifiées sous le scénario SSP585 (Figure xii m).
- En **JJA** (Figures xii c, g, k, o), des conditions d'extrême prudence affectent Saint-Louis et Dagana, tandis que l'inconfort avec danger s'étend à Podor dans les scénarios SSP245 et SSP585.
- En **SON** (Figures xii d, h, l, p), les conditions demeurent proches de celles observées en MAM, mais l'ensemble de la région présente un signal marqué d'extrême prudence sous le scénario SSP585 (Figure xii p).

Ces résultats suggèrent une **amplification significative du stress thermique** dans la région de Saint-Louis, particulièrement à Podor, où les scénarios les plus pessimistes (SSP585) projettent un basculement de l'inconfort modéré vers des conditions dangereuses au cours du XXI<sup>e</sup> siècle.

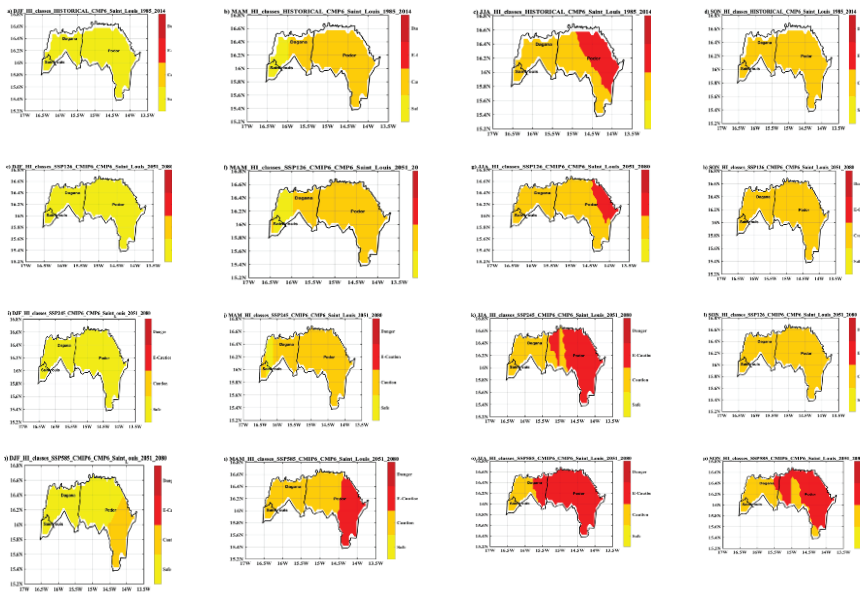


Figure xii : Distribution spatiale de classes d'indice de confort saisonnier (IC) dans la région Saint-Louis pour a-d) période historique (1985-2014), et e-p) pour le futur lointain (2051-2080) pour les scénarios SSP12.6, SSP245, SSP585 des modèles d'ensemble des CMIP6. DJF = décembre-janvier-février ; MAM = mars-avril-mai ; JJA = juin-juillet-août ; SON = septembre-octobre-novembre.

La **Figure xiii** présente les indices de confort (IC) calculés à partir des données CMIP6 (température et humidité) pour les quatre saisons : décembre-janvier-février (DJF), mars-avril-mai (MAM), juin-juillet-août (JJA) et septembre-octobre-novembre (SON).

- En **DJF** (Figures xiii a, e, i), la région de Kaffrine demeure globalement en zone sans danger. Toutefois, sous le scénario SSP585, un état d'**inconfort avec prudence** s'étend à l'ensemble de la région.
- En **MAM** (Figures xiii b, f, j), l'inconfort prédomine, avec un signal d'**extrême prudence** particulièrement marqué à l'est de Kounghoul (Figure xiii n).
- En **JJA** (Figures xiii c, g, k), des conditions d'extrême prudence affectent toute la région, tant dans la période historique que sous les scénarios SSP126 et SSP245. Sous le scénario SSP585, l'**inconfort avec danger** s'étend à l'ensemble des trois départements de la région (Figure xiii o).

- En SON (Figures xiii d, h, l), les conditions d'**inconfort avec prudence** demeurent présentes sur toute la région, confirmant une exposition persistante aux vagues de chaleur.

Ces résultats indiquent que la région de **Kaffrine** est **particulièrement vulnérable**, avec une évolution projetée allant d'un inconfort généralisé vers des conditions dangereuses sous les scénarios climatiques les plus pessimistes, en particulier durant la saison chaude et humide (JJA).

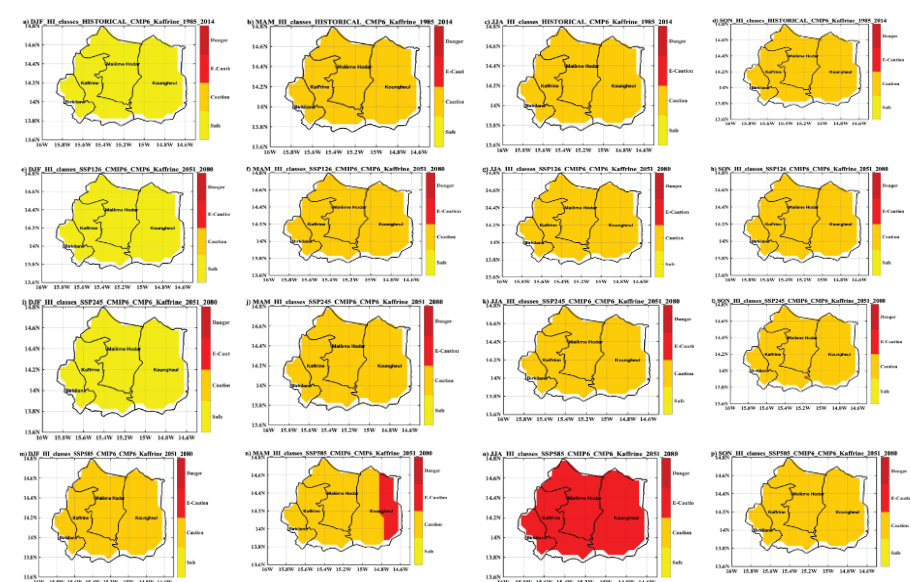


Figure xiii : Distribution spatiale de classes d'indice de confort saisonnier (IC) dans la région de Kaffrine pour a-d) période historique (1985-2014), et e-p) pour le futur lointain (2051-2080) pour les scénarios SSP12.6, SSP245, SSP585 des modèles d'ensemble des CMIP6. DJF = décembre-janvier-février ; MAM = mars-avril-mai ; JJA = juin-juillet-août ; SON = septembre-octobre-novembre.

La **Figure xiv** illustre les différentes catégories d'**indice de confort thermique (CI)**, ou de stress thermique, calculées à partir des données CMIP6 (température et humidité). Les valeurs moyennes issues des modèles climatiques ont permis de déterminer les classes de confort pour les quatre saisons : décembre-janvier-février (DJF), mars-avril-mai (MAM), juin-juillet-août (JJA) et septembre-octobre-novembre (SON). Ces saisons sont représentées de la première à la quatrième colonne de la figure.



- En **DJF** (Figures xiv a, e, i, m), la région de Kédougou reste globalement **sans danger** durant la période historique ainsi que sous le scénario SSP126 (Figures xiv a et xiv e). En revanche, les scénarios SSP245 et SSP585 projettent des conditions d'**inconfort modéré**, mais encore non dangereuses, sur l'ensemble de la région (Figures xiv i et xiv m).

- En **MAM** (Figures xiv b, f, j, n), l'**extrême inconfort, voire le danger**, prédomine dans le nord et le centre de la région (Figures xiv b, f, j). Sous le scénario SSP585, ces conditions s'étendent à **toute la région** (Figure xiv n). Historiquement, une zone d'inconfort avec prudence recouvre déjà l'ensemble de Kédougou. Dans les projections, la moitié nord passe en conditions d'**extrême prudence ou de danger** sous SSP126 et SSP245, tandis que l'ensemble du territoire bascule en **danger généralisé** sous SSP585.

- En **JJA** (Figures xiv c, g, k, o), des conditions d'**inconfort avec prudence** sont observées dans la période historique ainsi que sous SSP126 et SSP245. Toutefois, sous SSP585, l'**inconfort avec danger** s'étend à **tous les départements de la région** (Figure xiv o).

- En **SON** (Figures xiv d, h, l, p), la situation est assez similaire à celle de JJA : la région reste en grande partie en **inconfort avec prudence**, mais sous SSP585 ces conditions se généralisent à l'ensemble du territoire (Figure xiv p).

Ces résultats montrent que la région de **Kédougou est particulièrement vulnérable aux vagues de chaleur**, avec une intensification progressive du stress thermique, qui pourrait passer de l'inconfort modéré à des conditions dangereuses dans l'ensemble des départements, surtout sous le scénario SSP585.

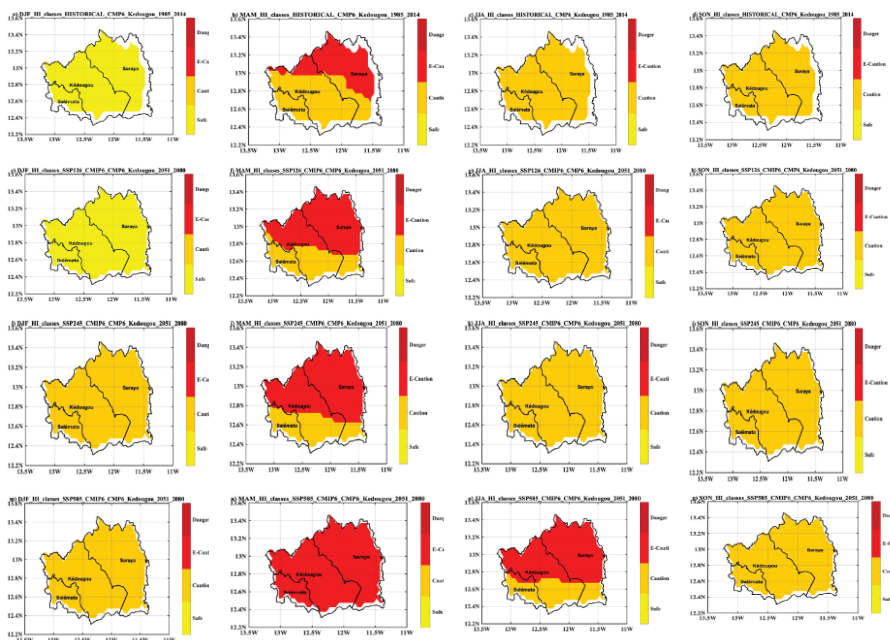


Figure xiv : Distribution spatiale de classes d'indice de confort saisonnier (IC) dans la région de Kédougou pour a-d) période historique (1985-2014), et e-p) pour le futur lointain (2051-2080) pour les scénarios SSP12.6, SSP245, SSP585 des modèles d'ensemble des CMIP6. DJF = décembre-janvier-février ; MAM = mars-avril-mai ; JJA = juin-juillet-août ; SON = septembre-octobre-novembre

#### IV. Analyse et discussion

Le rapport PNA met en évidence les défis que les changements climatiques posent à la santé au Sénégal. Par sa position sahélienne et son climat tropical, le pays est exposé à l'augmentation des températures, à la très forte variabilité pluviométrique, aux sécheresses et aux inondations. Cette vulnérabilité est accentuée par la dépendance à l'agriculture pluviale, la fragilité des infrastructures sanitaires et l'inégale répartition des ressources. Les enfants, les personnes âgées, les femmes enceintes et les communautés côtières ou enclavées apparaissent comme les plus exposés.

Le PNAS s'inscrit dans une dynamique conforme aux directives de la CCNUCC et de l'OMS. Il combine données climatiques (SSP245, SSP585), modélisation des maladies climato-sensibles et enquêtes qualitatives dans cinq régions prioritaires pour une prise de décision efficace orientée vers la résilience et redresser l'état actuel des choses.

Les résultats montrent une hausse des températures (+1,5 °C depuis 1980), des vagues de chaleur plus fréquentes et des précipitations contrastées (hausse à Ziguinchor et Fatick, baisse à Kaffrine et Kédougou), augmentant ainsi les risques d'inondations, de maladies hydriques, vectorielles et respiratoires.

Le rapport souligne aussi des limites structurelles : coordination institutionnelle insuffisante, ressources humaines limitées, infrastructures inadaptées et faible prise en compte du genre et de l'inclusion. Le PNAS propose un cadre en quatre axes : i) intégration de l'adaptation dans les politiques de santé, ii) renforcement de la résilience des systèmes et communautés, iii) amélioration de la surveillance et des alertes, iv) diversification des financements. Ces orientations se traduisent en mesures concrètes (outils de prévision, recherche climat-santé, formation, infrastructures adaptées, éducation communautaire). Enfin, malgré sa pertinence, des limites demeurent : manque de données locales, absence d'analyses coûts-bénéfices et forte dépendance à la volonté politique. Sans une implication accrue des acteurs et des communautés, certaines recommandations risquent de rester théoriques.

## V. Conclusion et Recommandations

Le changement climatique et les inégalités en santé constituent deux des principaux défis du développement au XXI<sup>e</sup> siècle. Au Sénégal, les populations vulnérables — enfants, personnes âgées, femmes enceintes, communautés côtières ou enclavées — restent fortement exposées aux risques climatiques et sanitaires (catastrophes naturelles, insécurité alimentaire et hydrique, maladies infectieuses et chroniques).

Dans ce contexte, le PNAS apparaît comme un outil stratégique pour renforcer la résilience du système de santé. Il repose sur quatre piliers : un personnel de santé formé, des systèmes d'information sanitaire robustes, des services accessibles et adaptés, et un financement pérenne. Sa mise en œuvre permettra de bâtir un système plus résilient et mieux préparé aux défis climatiques.

### Recommandations prioritaires

- **Renforcer les capacités institutionnelles** pour intégrer l'adaptation dans les politiques et la gestion des urgences sanitaires.
- **Investir davantage dans la recherche climat-santé** pour combler les lacunes et éclairer la décision.

- **Promouvoir la collaboration intersectorielle**, impliquant santé, environnement, agriculture et autres secteurs clés.
- **Développer une stratégie de financement diversifiée**, combinant ressources nationales et partenaires extérieurs.
- **Mettre en place un comité de pilotage technique** sous l'égide du MSAS, avec une communication inclusive, pour assurer coordination et appropriation.

## Références

DIOUF I., FONSECA B. R., CAMINADE C., THIAW W. M., DEME A., MORSE A. P., ... NDIAYE M. K. N., (2020), Climate variability and malaria over West Africa, *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 102(5), p. 1037.

DIOUF I., GAYE A. T., NDIONE J. A., (2023), An overview of climate change impacts on the health sector for the research program of the National Adaptation Plan support project in Senegal, Communication à la Chapman Conference on Climate and Health, AGU, juin 2023.

FALL S., SEMAZZI F. H., NIYOGI D. D. S., ANYAH R. O., BOWDEN J., (2006), The spatiotemporal climate variability over Senegal and its relationship to global climate, *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 26(14), pp. 2057–2076.

LEBEL T., ALI A., (2009), Recent trends in the Central and Western Sahel rainfall regime (1990–2007), *Journal of Hydrology*, 375(1–2), pp. 52–64.

LIRA 2030, (2020), Reducing Diarrhoeal Burden under Climate Change in Urban Contexts: An Integrated Approach for Sustainability in West African Medium-sized Cities, *Projet de recherche*, Ville de Mbour, Sénégal.

MSAS, (2019), Plan National de Développement Sanitaire et Social (PNDSS) 2019–2028, Ministère de la Santé et de l'Action Sociale, Dakar, 108 p.

SYLLA M. B., NIKIEMA P. M., GIBBA P., KEBE I., KLUTSE N. A. B., (2016), Climate change over West Africa: Recent trends and

future projections, in *Adaptation to climate change and variability in rural West Africa*, pp. 25–40.

WHO, (2014), *Guidance to protect health from climate change through health adaptation planning*, Genève, World Health Organization, 38 p.

WHO, (2015), *Operational framework for building climate resilient health systems*, Genève, World Health Organization, 38 p.

WHO, (2020), *World malaria report 2020: 20 years of global progress and challenges*, Genève, World Health Organization, Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

WHO, (2021), *Climate change and health vulnerability and adaptation assessment*, Genève, World Health Organization, 84 p.

# TERRITOIRES, CLIMAT ET SANTÉ

*Approches pluridisciplinaires et perspectives d'adaptation en Afrique*

Cet ouvrage collectif est issu du projet RISCC, coordonné par le Laboratoire Leïdi de l'Université Gaston Berger. Il analyse les interactions complexes entre changements climatiques, dynamiques territoriales et risques sanitaires, avec un ancrage fort dans les zones côtières et insulaires du Sénégal, notamment les îles du Saloum, tout en élargissant la réflexion à d'autres territoires africains.

Mobilisant des approches croisées en géographie, climatologie, santé publique, sociologie et anthropologie, l'ouvrage met en évidence l'intensification des vagues de chaleur, des inondations, de la salinisation des sols et de l'eau, et leurs impacts sur les maladies hydriques, vectorielles, respiratoires et sur la santé reproductive. Il souligne les vulnérabilités différenciées des populations selon le genre, les conditions socio-économiques et les contextes territoriaux.

Au-delà du diagnostic, l'ouvrage valorise les savoirs locaux, les stratégies communautaires de résilience et le rôle des acteurs territoriaux, et propose des pistes concrètes pour l'adaptation, la gouvernance sanitaire et l'intégration du nexus climat-santé dans les politiques publiques de développement en Afrique.

**Cheikh Samba WADE** est géographe, docteur d'État, Professeur titulaire des universités.

**Mamadou Ndong TOURÉ** est chercheur au Laboratoire Leïdi de l'Université Gaston Berger de Saint-Louis (Sénégal), expert en changement climatique, décentralisation et développement territorial.

Illustration de couverture : © Les auteurs

ISBN : 978-2-336-59472-9

50 €

