

RÉPUBLIQUE DU SÉNÉGAL

Un Peuple - Un But - Une Foi



MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT, DU DÉVELOPPEMENT DURABLE ET DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE

DIRECTION DE L'ENVIRONNEMENT ET DES ÉTABLISSEMENTS CLASSES

PROJET D'APPUI AU PLAN NATIONAL D'ADAPTATION DU SÉNÉGAL

PNA-FEM

PLAN NATIONAL D'ADAPTATION DU SÉNÉGAL

Etude de vulnérabilité approfondie aux changements
climatiques des secteurs de l'agriculture de la santé,
des infrastructures de transport terrestre et des inondations

Région de KEDOUGOU



2023





Sigles et abréviations

ADM	Agence de développement municipal
AESN	Agence de l'Eau Seine Normandie
ANACIM	Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie
ANCAR	Agence nationale de conseil agricole et rural
ANSD	Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie
ARD	Agence Régionale de Développement
AUMN	Association des unions maraîchères des Niayes
BM	Banque mondiale
CC	Changement Climatique
CCAFS	Climate Change Agriculture And Food Security
CDN	Contribution déterminée nationale
CEREEQ	Centre Expérimental de Recherches et d'Études pour l'Équipement
CETUD	Centre Exécutif des transports urbains de Dakar
CHU	Centre hospitalier universitaire
CNCR	Conseil National de Concertation et de Coopération des Ruraux
COMNACC	Comité national sur les Changements climatiques
COMRECC	Comité régional sur les changements climatiques
CS	Contre-saison
CSE	Centre de suivi écologique
CSS	Compagnie sucrière sénégalaise
DEEC	Direction de l'environnement et des établissements classés
DEPSEEA	Forces motrices, Pressions, État, Exposition, Effets et Actions
DGPRE	Direction de la Gestion et de la Planification des Ressources en Eau
DRDR	Direction régionale du développement rural
ENSA	École Nationale Supérieure d'Agriculture
FEM	Fonds pour l'environnement mondial
FERA	Fonds d'entretien routier autonome
FIDA	Fonds international de développement agricole
FONSTAB	Fonds d'Appui à la Stabulation
FVR	Fièvre de la Vallée du Rift
GDS	Grands domaines du Sénégal
GIEC	Groupe Intergouvernemental d'Expert sur l'Évolution du Climat
HTA	Hypertension artérielle
IDH	Indice de Développement Humain
IFAN	Institut fondamental d'Afrique noire
INP	Institut national de pédologie
ISRA	Institut sénégalais de recherche agricole
Km	Kilomètre
Km2	Kilomètre carré
LPAOSF/ESP/	Laboratoire de Physique de l'Atmosphère et de l'Océan-Siméon Fongang, Ecole Supérieure
UCAD	Polytechnique/Université Cheikh Anta Diop de Dakar
MAE	Ministère français des Affaires étrangères
MEDD	Ministère de l'environnement et du développement durable
MNT	Modèle numérique de terrain
OMS	Organisation mondiale de la santé
ONAS	Office National de l'Assainissement du Sénégal
OPS	Organisation panaméricaine de la Santé
PADAER	Programme d'Appui au Développement Agricole et à l'Entrepreneuriat Rural
PAM	Programme Alimentaire Mondial
PAS-PNA	Projet d'Appui Scientifique aux processus de Plans Nationaux d'Adaptation
PDA	Plan Directeur d'Assainissement
PEPAM	Programme d'Eau Potable et d'Assainissement du Millénaire
PFNAC	Projet de Promotion d'une Finance Novatrice et d'Adaptation Communautaire dans les communes autour des réserves naturelles communautaires
PGIIS	Projet de Gestion Intégrée des Inondations au Sénégal
PIB	Produit intérieur brut
PIDD	Plan Inter Départemental de Développement
PINKK	Projet Intégré de Nutrition dans les régions de Kolda et de Kédougou
PLD	Plan local de Développement
PMA	Pays Moins Avancés
PMC	Petowal Mining Company
PME	Petites et Moyennes Entreprises
PMI	Petites et Moyennes Industries
PNA	Projet d'appui au Plan National d'Adaptation du Sénégal
PNNK	Parc National de Niokolo – Koba
PNUD	Programme des Nations Unies pour le Développement

PRODAC	Programme des Domaines Agricoles Communautaires
PROGEP	Projet de Gestion des Eaux pluviales et d'adaptation aux changements climatiques
PSRS	Programme Multinational de Renforcement de la Résilience à l'insécurité alimentaire et nutritionnelle au Sahel
PUDC	Programme d'Urgence de Développement Communautaire
RAVACC	Rapport d'analyse de la vulnérabilité approfondie aux changements climatiques
RCP	Representative Concentration Pathway (Trajectoires représentatives de concentration)
RECSCC	Rapport sur l'état des lieux des connaissances scientifiques sur les changements climatiques
REIME	Rapport sur l'évaluation de l'impact macroéconomique
RGPH	Recensement Général de la Population et de l'Habitat
RGPHAE	Recensement Général de la Population et de l'Habitat, de l'Agriculture et de l'Elevage
ROM	Rapport d'orientation méthodologique
SAED	Société d'Aménagement et d'Exploitation des terres du Delta et de la Vallée du fleuve Sénégal
SIG	Système d'information géographique
SOCAS	Société de Conserves Alimentaires au Sénégal
SRSD	Services Régionaux de la Statistique et de la Démographie
TDR	Termes de référence
UC	Unité de coordination
UCAD	Université Cheikh Anta Diop
UEMOA	Union Économique et Monétaire Ouest Africaine
UNESCO	Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture
ZIC	Zone d'Intérêt Cynégétique



Table des matières

Sigles et abréviations	3
Table des matières	5
Liste des illustrations	7
Introduction	9
1. Méthodologie	10
1.1. Organisation des activités	10
1.1.1. Phase 1 : Atelier de lancement	10
1.1.2. Phase 2 : État des lieux des connaissances scientifiques sur les changements climatiques dans la région de Kédougou	10
1.1.3. Phase 3 : Évaluation participative de la vulnérabilité (collecte de données).....	11
1.2. Obstacles rencontrés et limites de la méthodologie.....	11
2. Présentation de la région de Kédougou.....	12
2.1. Situation géographique et administrative	12
2.2. Situation socio-économique	12
2.3. Situation biophysique	13
2.4. Contexte climatique.....	14
3. État des lieux des connaissances scientifiques sur les changements climatiques dans la région de Kédougou.....	15
3.1. Secteur de l'agriculture	15
3.2. Secteur des inondations.....	16
3.3. Secteur des infrastructures	17
3.4. Secteur de la santé	17
4. Résultats de l'évaluation participative de la vulnérabilité.....	19
4.1. Secteur de l'agriculture	19
4.1.1. Vulnérabilité actuelle	19
4.1.1.1. <i>Risques climatiques identifiés</i>	<i>19</i>
4.1.1.2. <i>Impacts des changements climatiques sur le secteur agricole</i>	<i>21</i>
4.1.1.3. <i>Analyse de la sensibilité globale</i>	<i>23</i>
4.1.2. Vulnérabilité future	24
4.1.2.1. <i>Projection climatique sur la pluviométrie et la température.....</i>	<i>24</i>
4.1.2.2. <i>Analyse de la sensibilité future du secteur agricole</i>	<i>25</i>
4.1.2.2.1. <i>Projection et écarts de rendements</i>	<i>25</i>
4.2. Secteur de la santé	27
4.2.1. Vulnérabilité actuelle	27
4.2.1.1. <i>Analyse de sensibilité globale</i>	<i>28</i>
4.2.2. Vulnérabilité future	29
4.2.2.1. <i>Analyse du risque climatique futur : Modélisation climatique.....</i>	<i>29</i>
4.2.2.2. <i>Projections climatiques sur la pluviométrie et la température</i>	<i>31</i>
4.2.2.3. <i>Analyse de la sensibilité future du secteur de la santé : modélisation de quelques maladies prioritaires de l'étude</i>	<i>32</i>
4.2.2.3.1. <i>Modélisation de l'incidence du Paludisme au</i>	<i>33</i>
4.2.2.3.2. <i>Modélisation de la capacité vectorielle d'Aedes aegypti : effets de la température sur la dengue à Kédougou</i>	<i>34</i>
4.2.2.3.3. <i>Analyse statistique pour les maladies non transmissibles sensibles aux vagues de chaleur : Variabilité spatio-temporelle de l'indice de confort à Kédougou.....</i>	<i>36</i>
4.3. Secteur des inondations.....	38
4.3.1. Vulnérabilité actuelle	38
4.3.1.1. <i>Causes des inondations.....</i>	<i>38</i>
4.3.1.2. <i>Impacts des inondations.....</i>	<i>38</i>
4.3.1.2.1. <i>Impacts liés aux fortes pluies et aux crues</i>	<i>38</i>
4.3.1.2.2. <i>Impacts des contraintes liées aux reliefs accidentés.....</i>	<i>39</i>
4.3.1.2.3. <i>Impacts des contraintes liées aux sols latéritiques.....</i>	<i>39</i>

4.3.1.2.4.	Impacts des contraintes liées au sous-dimensionnement des ouvrages de franchissement.....	39
4.3.1.2.5.	Impacts des contraintes liées à la déforestation.....	39
4.3.1.2.6.	Impacts des contraintes liées à l'occupation des zones non aedificandi.....	39
4.3.1.2.7.	Impacts des contraintes liées à la non réhabilitation des carrières.....	40
4.3.1.2.8.	Impacts des contraintes liées à l'absence d'un réseau d'assainissement.....	40
4.3.2.	Vulnérabilité future.....	40
4.3.2.1.	Facteurs de la vulnérabilité et projections.....	40
4.3.2.1.1.	Précipitations annuelles.....	40
4.3.2.1.2.	Ruissellements annuels	44
4.3.2.1.3.	Débits annuels.....	46
4.3.2.2.	Synthèse de la vulnérabilité future.....	50
4.3.2.3.	Caractéristiques des vulnérabilités futures.....	52
4.4.	Secteur des infrastructures.....	53
4.4.1.	Vulnérabilité actuelle.....	53
4.4.1.1.	Évaluation participative de la vulnérabilité.....	53
4.4.1.2.	Impacts des aléas climatiques sur les infrastructures routières.....	54
4.4.1.3.	Facteurs aggravant les impacts des risques climatiques.....	54
4.4.2.	Vulnérabilité future.....	55
4.4.2.1.	Analyse de la vulnérabilité future aux pluies extrêmes.....	55
4.4.2.2.	Analyse de la vulnérabilité future aux températures élevées.....	55
4.5.	Analyse intégrative des résultats de l'évaluation sectorielle de la vulnérabilité.....	55
5.	Mesures d'adaptation sectorielles proposées.....	56
5.1.	Secteur de l'agriculture.....	56
5.2.	Secteur de la santé.....	58
5.3.	Secteur des inondations.....	61
5.3.1.	Mesures de résilience pour faire face aux inondations.....	61
5.3.1.1.	Mesures d'adaptation face aux contraintes relatives aux fortes pluies et crues.....	61
5.3.1.2.	Mesures d'adaptation pour faire face aux reliefs accidentés.....	61
5.3.1.3.	Mesure d'adaptation pour faire face au sol latéritique.....	61
5.3.1.4.	Mesure d'adaptation pour faire face au sous-dimensionnement d'ouvrages de franchissement.....	61
5.3.1.5.	Mesure d'adaptation pour faire face à la déforestation.....	61
5.3.1.6.	Mesure d'adaptation pour faire face à l'occupation des zones non aedificandi.....	61
5.3.1.7.	Mesure d'adaptation pour faire face à la non réhabilitation des carrières.....	62
5.3.1.8.	Stratégie de résilience face à l'absence d'un réseau d'assainissement.....	62
5.3.2.	Options d'adaptation aux impacts des inondations par axe.....	62
5.3.2.1.	Critères de priorisation des options d'adaptation.....	62
5.3.2.2.	Hiérarchisation des options d'adaptation par axe en focus group.....	63
5.4.	Secteur des infrastructures.....	64
Conclusion		65
Annexe : Bibliographie		66

Liste des illustrations

Tableaux

Tableau 1 : Synoptique projet.....	Erreur ! Signet non défini.
Tableau 2 : Évolution de la population de la région de Kédougou entre 1976 et 2019	13
Tableau 3 : Liste des programmes intervenant dans la région.....	15
Tableau 4 : Causes des inondations selon les localités dans la région de Kédougou	16
Tableau 5 : Maladies climato-sensibles dans la région de Kédougou	18
Tableau 6 : Risques climatiques et non climatiques identifiés et leurs impacts sur l'agriculture	19
Tableau 7 : Impacts des risques climatiques identifiés sur les cultures maïs, riz et arachide	21
Tableau 8 : Impacts des risques climatiques identifiés sur les sols.....	22
Tableau 9 : Impacts des risques climatiques identifiés sur l'Élevage	22
Tableau 10 : Impacts des risques climatiques identifiés sur la foresterie	23
Tableau 11 : Matrice de sensibilité de la région de Kédougou	24
Tableau 12 : Projections température et précipitation aux horizons 2035 (2020-2050) / 2050 (2035-2065).....	25
Tableau 13 : Risques climatiques identifiés et leurs impacts sur la santé.....	27
Tableau 14 : Matrice de sensibilité de la région de Kédougou	29
Tableau 15 : Modèles CMIP6, leurs institutions et pays d'origine et leur résolution.....	29
Tableau 16 : Causes des inondations selon les localités dans la région de Kédougou	38
Tableau 17 : Synthèse de la vulnérabilité future de la région.....	50
Tableau 18 : Caractéristiques des vulnérabilités futures Inondation	52
Tableau 19 : Matrice d'exposition des types d'infrastructures aux risques climatiques notés de 1 à 5	54
Tableau 20 : Principaux impacts des risques climatiques sur les routes revêtues.....	54
Tableau 21 : Principaux impacts des risques climatiques sur les routes non revêtues	54
Tableau 22 : Principaux impacts des risques climatiques sur les ouvrages d'art et d'assainissement (OAA)	54
Tableau 23 : Écarts des pluies extrêmes entre les périodes 1981-2010 et 2031-2060, 2071-2100	55
Tableau 24 : Les stratégies ou mesures d'adaptation identifiées en fonction des impacts biophysiques	56
Tableau 25 : Matrice de priorisation des options/stratégies d'adaptations identifiées	57
Tableau 26 : Les stratégies ou mesures d'adaptation identifiées en fonction des impacts sur la santé	58
Tableau 27 : Matrice de priorisation des options/stratégies d'adaptations identifiées	60
Tableau 28 : Hiérarchisation des options d'adaptation.....	63
Tableau 29 : Options au niveau des routes revêtues	64
Tableau 30 : Options pour les routes non revêtues.....	64
Tableau 31 : Options pour les ouvrages d'art et d'assainissement.....	64

Figures

Figure 1 : Évolution des risques climatiques à Kédougou de 1980 à 2020, A : Localisation de la région de Kédougou ; B : Cumul pluviométrique, C : l'intensité des précipitations et D : le nombre de périodes sèches du 1 Juillet au 30 Septembre	20
Figure 2 : Indice standardisé des précipitations (ISP) de 1981 à 2020 à Kédougou	21
Figure 3 : Évolution de l'indice de pluie standardisée (IPS) de la période historique (noire), du scénario rcp4.5 (bleue) et du scénario rcp8.5 (rouge).....	25
Figure 4 : Évolution des rendements simulés de la période de référence (1981-2010) et projetés suivant les scénarios RCP4.5 et RCP8.5 à l'horizon 2050	26
Figure 5 : Écarts de rendements du mil, maïs, sorgho et l'arachide aux horizons 2035 et 2050, par rapport à la période de référence 1981-2010.....	27
Figure 6 : Éléments de la biologie du vecteur pouvant être impactés par des variables climatiques	33

Cartes

Carte 1 : Découpage administratif et territorial de la région de Kédougou	12
Carte 2 : Distribution spatiale des précipitations à Kédougou en juin-août-septembre pour a) la période historique (1985-2014), et b-g) projections pour le futur proche (2015-2044) et projections pour le futur lointain (2051-2080) pour les scénarios SSP12.6, SSP245, SSP585 des modèles d'ensemble des CMIP6.	31
Carte 3 : Distribution spatiale des températures à Kédougou pour a) la période historique (1985-2014), et b-g) projections pour le futur proche (2015-2044) et projections pour le futur lointain (2051-2080) pour les scénarios SSP12.6, SSP245, SSP585 des modèles d'ensemble des CMIP6.	32
Carte 4 : Distribution spatiale de l'incidence du paludisme à Kédougou en juin-août-septembre pour a) la période historique (1985-2014), et b-g) projections pour le futur proche (2015-2044) et projections pour le futur lointain (2051-2080) pour les scénarios SSP12.6, SSP245, SSP585 des modèles d'ensemble des CMIP6	34
Carte 5 : Distribution spatiale de la rVc (capacité vectorielle relative) à Kédougou la période historique (1985-2014), et b-g) projections pour le futur proche (2015-2044) et projections pour le futur lointain (2051-2080) pour les scénarios SSP12.6, SSP245, SSP585 des modèles d'ensemble des CMIP6.....	36
Carte 6 : Distribution spatiale de classes d'indice de confort saisonnier (IC) à 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.....	37
Carte 7 : Indicateur précipitation (moyenne annuelle) (RCP 4.5) 2011-2040.....	41
Carte 8 : Indicateur précipitation (moyenne annuelle) (RCP 4.5) 2041-2070	41
Carte 9 : Indicateur précipitation (moyenne annuelle) (RCP 4.5) 2071-2100	42
Carte 10 : Indicateur précipitation (moyenne annuelle) (RCP 8.5) 2011-2040.....	42
Carte 11 : Indicateur précipitation (moyenne annuelle) (RCP 8.5) 2041-2070	43
Carte 12 : Indicateur précipitation (moyenne annuelle) (RCP 8.5) 2071-2100.....	43

Carte 13 : Indicateur ruissellement (moyenne annuelle) (RCP 4.5) 2011-2040	44
Carte 14 : Indicateur ruissellement (moyenne annuelle) (RCP 4.5) 2041-2070	44
Carte 15 : Indicateur ruissellement (moyenne annuelle) (RCP 4.5) 2071-2100	45
Carte 16 : Indicateur Ruissellement (moyenne annuelle) (RCP 8.5) 2011-2040	45
Carte 17 : Indicateur Ruissellement (moyenne annuelle) (RCP 8.5) 2041-2070	46
Carte 18 : Indicateur Ruissellement (moyenne annuelle) (RCP 8.5) 2071-2100	46
Carte 19 : Indicateur Débit d'eau (moyenne annuelle) (RCP 4.5) 2011-2040	47
Carte 20 : Indicateur Débit d'eau (moyenne annuelle) (RCP 4.5) 2041-2070	47
Carte 21 : Indicateur Débit d'eau (moyenne annuelle) (RCP 4.5) 2071-2100	48
Carte 22 : Indicateur Débit d'eau (moyenne annuelle) (RCP 8.5) 2011-2040	48
Carte 23 : Indicateur Débit d'eau (moyenne annuelle) (RCP 8.5) 2041-2070	49
Carte 24 : Indicateur Débit d'eau (moyenne annuelle) (RCP 8.5) 2071-2100	49



INTRODUCTION

Les changements climatiques (CC) sont l'une des problématiques majeures de notre ère (GIEC, 2014). Il s'est généralisé et s'intensifie de manière sans précédent depuis des années (GIEC, 2021). Toutefois, ses répercussions socio-économiques ne se manifestent pas de façon homogène d'une région à une autre et, à l'intérieur d'un même pays. Ses impacts dépendent significativement des dynamiques sociétales et environnementales qui peuvent être spécifiques à chaque localité.

Au Sénégal, tous les secteurs clefs ciblés pour la relance de l'économie nationale tels que l'agriculture, l'élevage, la pêche, le tourisme, les questions de santé et de nutrition, l'accès à l'eau ainsi que les zones de production (zones rurales, côtières, urbaines) qui constituent la trame de fond du Plan Sénégal Émergent (PSE), demeurent plus ou moins exposés et sensibles aux divers impacts des changements climatiques. En effet, le réchauffement climatique ainsi que les différents risques et catastrophes qu'il induit constituent une menace réelle sur les objectifs de développement du Sénégal en ce sens qu'ils peuvent, de par leurs impacts, réduire la croissance et rendre plus difficile la lutte contre la pauvreté et l'atteinte de la sécurité alimentaire. Eu égard à ces possibles conséquences sur le développement économique et la pauvreté, il apparaît nécessaire que les décisions s'inscrivant dans le développement durable et la lutte contre la pauvreté prennent en compte les conséquences induites par les changements climatiques.

Le défi de la prise en compte de la résilience dans les politiques, projets et programmes reste important pour les pays en développement et en particulier pour les pays les moins avancés (PMA) à cause de leurs faibles capacités technique, financière et humaine¹.

Par ailleurs, l'intégration de la dimension « changement climatique » dans les projets, programmes et documents de stratégie constitue une préoccupation des décideurs tant au niveau central que territorial. Des actions de diverses natures qui contribuent à réduire la vulnérabilité des systèmes socio-économiques ainsi qu'à la gestion des risques et catastrophes ont été menées même s'il est nécessaire de constater que ces efforts restent souvent concentrés au niveau sectoriel et manquent de cohérence au niveau multisectoriel et vis-à-vis des objectifs de développement. Pour corriger cette lacune et assurer une considération multisectorielle des effets des changements climatiques en phase avec les objectifs de développement, le Gouvernement du Sénégal a initié, avec l'accompagnement du Fonds pour l'Environnement Mondial (FEM) et du PNUD, l'élaboration de son « Plan National d'Adaptation » (PNA) dans les secteurs de l'Agriculture, de la santé, des infrastructures et de la gestion des risques et catastrophes axés sur les inondations particulièrement dans les régions de Kédougou, Kaffrine, Ziguinchor, Saint Louis et Matam.

Initié par la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) pour faciliter la planification des mesures d'adaptation dans les pays les moins avancés (PMA) ainsi que dans d'autres pays en développement, le processus (PNA) a pour objectifs :

- de réduire la vulnérabilité des pays aux incidences des changements climatiques en renforçant leur capacité d'adaptation et leur résilience ;
- d'intégrer de manière cohérente l'adaptation aux impacts des changements climatiques dans les politiques, programmes et travaux pertinents, nouveaux ou en cours, en particulier les processus et stratégies de planification du développement, dans tous les secteurs concernés et à différents niveaux, selon qu'il convient.

C'est dans ce sens que le PNA régional de la région de Kédougou a été initié à partir d'une approche participative d'évaluation approfondie de la vulnérabilité dans les quatre (4) secteurs pris en charge dans la mise en œuvre du PNA FEM.

¹ BM 2017 Plan d'investissement multisectoriel pour les changements climatiques et la gestion des risques et catastrophes au Sénégal

1. MÉTHODOLOGIE

L'élaboration de cette étude de vulnérabilité a été faite en étroite collaboration avec les autorités administratives locales, les services techniques déconcentrés de l'État, les acteurs communautaires, la société civile. Tous les acteurs clefs dans leur diversité ont été associés aux différentes étapes du processus d'élaboration du Plan National d'Adaptation dans la région de Kédougou depuis l'atelier de lancement jusqu'à la collecte des données. Cet engagement des parties prenantes est un pilier important dans le processus de planification de l'action en faveur du climat. Le but étant d'assurer une bonne compréhension du processus et de son appropriation à travers un programme d'information, de sensibilisation et de renforcement des capacités sur la problématique des changements climatiques.

1.1. Organisation des activités

Les trois phases ci-dessous permettent de résumer la méthodologie utilisée.

1.1.1. Phase 1 : Atelier de lancement

Cette phase de lancement et de cadrage était une opportunité pour le consortium de mener un certain nombre d'activités d'information et de formation des différentes parties prenantes avant la phase d'évaluation de la vulnérabilité. Il s'agissait entre autres, de l'organisation de l'atelier de lancement, d'information sur le projet PNA FEM et de formation. L'organisation de l'atelier de lancement devait permettre de discuter avec l'ensemble des acteurs de la région de l'approche méthodologique, de convenir du périmètre de l'étude ainsi que des modalités pratiques du déroulement de la mission. L'atelier de lancement devait également être mis à profit pour former et sensibiliser les acteurs clefs du projet sur les concepts de base sur les changements climatiques.

Cette formation s'est focalisée dans un premier temps sur les concepts de base relatifs au changement climatique. L'objectif visé à travers le partage de ces fondamentaux des changements climatiques est d'éviter toute confusion et de permettre à tous les acteurs impliqués dans l'évaluation de la vulnérabilité au niveau de la région d'avoir une compréhension commune de la définition des différents termes et concepts qui seront ultérieurement utilisés dans le diagnostic.

Ces sessions de formation, avaient pour objectifs de permettre aux acteurs clés de :

- comprendre les différents termes et concepts relatifs au CC ;
- se poser les bonnes questions au cours d'une évaluation de la vulnérabilité ;
- comprendre les différentes étapes de l'évaluation des risques et de la vulnérabilité ;
- se familiariser avec les outils d'évaluation des risques et de la vulnérabilité ;
- pouvoir planifier le développement territorial en prenant en compte l'adaptation au CC.

1.1.2. Phase 2 : État des lieux des connaissances scientifiques sur les changements climatiques dans la région de Kédougou

L'élaboration du rapport sur l'état des lieux des connaissances scientifiques sur les changements climatiques dans les secteurs ciblés (agriculture, santé, infrastructures, inondations) a pour objectifs :

- de faire l'état des lieux des informations et connaissances scientifiques en matière d'impacts et vulnérabilité au changement climatique dans les secteurs de l'agriculture, des infrastructures, de la santé et de la gestion des risques et catastrophes axés sur les inondations dans la région de Kédougou à travers la collecte, la revue des documents et le traitement des données sur le climat actuel, le climat futur et les implications qui en découlent pour les secteurs cibles ;
- d'identifier les mesures, stratégies et actions d'adaptation aux CC entreprises au niveau des différents secteurs et enfin ;
- d'établir une période de référence et de préconiser des recommandations en vue de mener des études de vulnérabilité approfondies dans les différents secteurs.

1.1.3. Phase 3 : Évaluation participative de la vulnérabilité (collecte de données)

Dans le cadre de l'étude approfondie de la vulnérabilité, un diagnostic participatif a été mené afin de compléter la revue documentaire sur l'état des lieux des connaissances scientifiques dans la région de Kédougou. Ce diagnostic qui s'est appuyé sur l'expertise locale et sa bonne connaissance des différentes dimensions de la région avait pour objectif de faire l'analyse approfondie de la vulnérabilité des secteurs de l'agriculture, de la santé, des infrastructures et des inondations aux effets de la variabilité et des changements climatiques.

Cette phase, d'une importance capitale pour le processus, devait permettre d'une part de connaître le niveau de vulnérabilité actuelle des secteurs ciblés aux impacts des changements climatiques et d'autre part de constituer le socle de la stratégie qui visera à mieux préparer la région à réduire sa sensibilité aux impacts des changements climatiques à travers l'élaboration et la mise en œuvre du Plan National d'Adaptation.

L'analyse consistait à identifier les risques climatiques majeurs afin de les croiser avec des thématiques assez variées comme l'environnement physique (habitat, zones humides, forêts, pistes, routes...), la santé humaine, les activités économiques (agriculture, tourisme, pêche, transformation, artisanat, commerce...) dans un souci de rechercher les impacts isolés ou en chaîne.

Pour cela, le diagnostic engagé avec l'ensemble des acteurs clés de la région (services techniques communaux, population, organisations communautaires de base et de la société civile et toute autre personne ressource utile au processus) qui ont une bonne connaissance des enjeux et des défis de la région avait pour objectif de rassembler les données primaires indispensables à une analyse de vulnérabilité plus approfondie.

1.2. Obstacles rencontrés et limites de la méthodologie

La question de la disponibilité et de la fiabilité de l'information climatique se pose à des degrés divers, dans tous les secteurs ciblés au niveau de la région de Kédougou et limitent l'analyse de la réalité des changements climatiques. Les données nécessaires demeurent limitées, incomplètes et difficiles d'accès parfois même, totalement inexistantes.

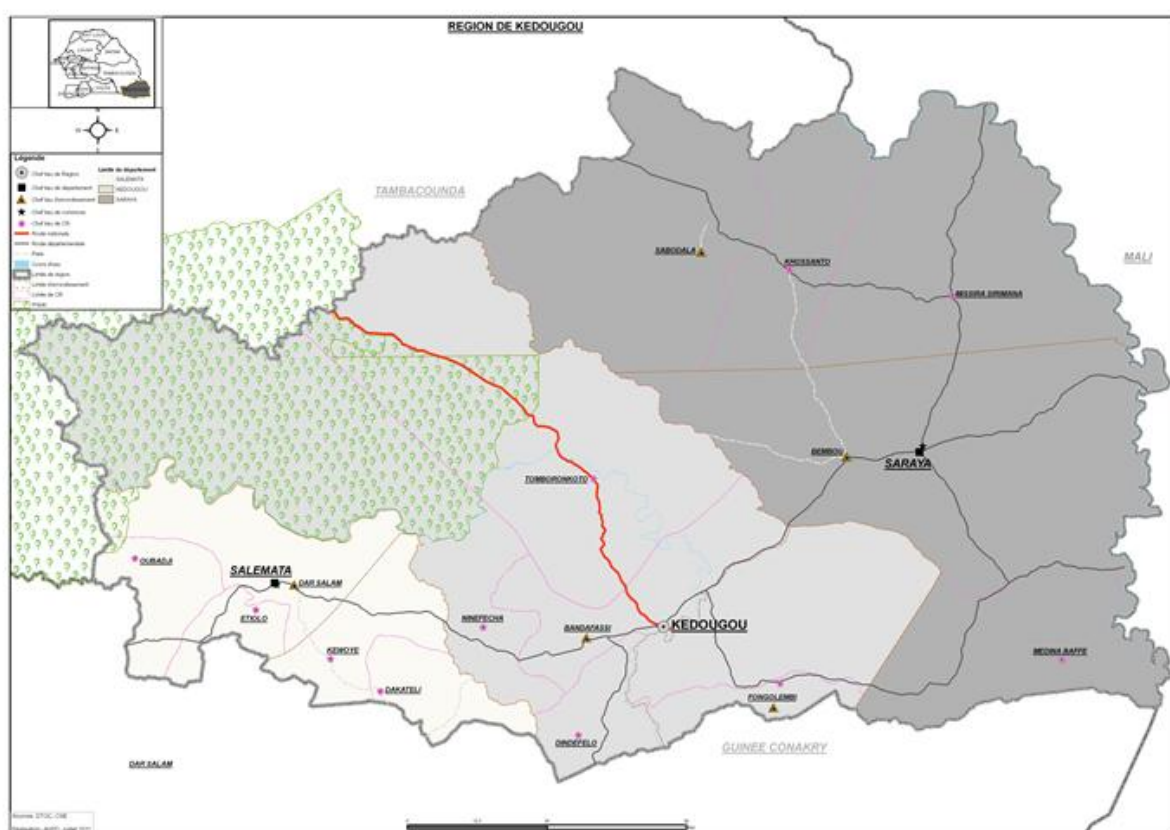
Par ailleurs, il faut noter que l'état des connaissances sur les changements climatiques, montre qu'il est difficile de disposer d'études approfondies de vulnérabilité sur les secteurs ciblés.



2. PRÉSENTATION DE LA RÉGION DE KÉDOUGOU

2.1. Situation géographique et administrative

Issue du découpage de l'ancienne région de Tambacounda, la région de Kédougou est créée par la loi 2008-14 du 18 mars 2008. Elle s'étend sur une superficie de 16 896 Km² ; elle est limitée par la région de Tambacounda à l'ouest et au nord, par les Républiques du Mali et de la Guinée respectivement à l'est et au sud. Avec la mise en place de l'acte III de la décentralisation, la région compte désormais vingt-deux (22) collectivités territoriales dont trois (3) départements (Kédougou, Salémata et Saraya) et dix-neuf (19) communes (Kédougou, Bandafassi, Fongolimbi, Dimboli, Dindéfelo, Ninéfécha, Tomboronkoto, Salémata, Dakatéli, Oubadji, Dar-Salam, Kévoye, Ethiolo, Saraya, Sabodala, Médina Baffé, Missira-Sirimana, Khossanto, Bembou). De même, la région compte six (06) arrondissements (Sabodola, Bembou, Fongolimbi, Bandafassi, Dar salam et Dakatéli) (Carte 1).



Carte 1 : Découpage administratif et territorial de la région de Kédougou
(Source : ANSD 2018)

2.2. Situation socio-économique

En 2019, la population de la région de Kédougou était estimée à 184 276 habitants (Tableau 1). Elle était de 178 272 habitants en 2018. Le poids démographique de la région par rapport au niveau national demeure faible. En effet, Kédougou ne représente que 1,1% de la population du Sénégal qui se situait à 15 256 346 habitants en 2017 et 16 209 125 en 2019. Cependant, cette région est en train de connaître d'importantes mutations démographiques. Les taux d'accroissement moyens intercensitaires sont passés de 0,9% entre 1976 et 1988, 2,7% entre 1988 et 2002 à 3,5% entre 2002 et 2013. La population est passée de 63 549 habitants de 1976 à 71 125 en 1988. Sur la période 2002 à 2013, elle est passée de 103 430 à 151 357 (tableau 3). La population de la région connaît une croissance assez rapide. Les éléments déclencheurs de cette poussée démographique peuvent être liés, entre autres, au désenclavement de la région avec le bitumage

des routes Kédougou – Dialacoto en 1981 et Kédougou – Saraya en 1986, à la forte migration internationale due à la situation politique instable dans les pays limitrophes à la région, à l'exploitation industrielle de l'or à partir des années 2009 et 2010 et à la ruée vers l'orpaillage. Durant cette dernière décennie, la croissance démographique de la région a été l'une des plus élevées du Sénégal. Sur la période 2016-2019, le taux d'accroissement annuel de la population de Kédougou se situe à 3,4%. Le département de Saraya a connu l'évolution la plus remarquable. Son taux de croissance démographique a atteint 4,9% entre les deux recensements de la population de 2002 et 2013. En effet, Saraya subit une forte pression démographique des ouvriers et commerçants venant des autres localités du pays mais aussi de la sous-région en raison de la présence de l'essentiel des sites miniers du Sénégal dans la région.

Tableau 1 : Évolution de la population de la région de Kédougou entre 1976 et 2019

Désignation \ Année	1 976	1 988	2 002	2 013	2 018	2 019
Population résidente	63 549	71 125	103 430	151 357	178 272	184 276
Taux d'accroissement moyen intercensitaire %		0,9	2,7	3,5	3,4 ^a	

Source : ANSD, RGPHAE 2013 et projections démographiques 2018

Sur le plan économique, la région dispose d'un secteur primaire avec d'importants atouts essentiellement liés à des conditions éco-géographiques assez favorables. En raison de la bonne pluviométrie, beaucoup de ménages pratiquent l'agriculture pluviale. Ainsi, 69% des ménages ont pratiqué l'agriculture en 2013. L'élevage et la pêche sont aussi des activités pratiquées par la population une bonne partie s'activant dans l'élevage (49,62% en 2013). Cependant, avec le développement de l'orpaillage, un nombre important de la population déserte de plus en plus l'agriculture. Le secteur secondaire de la région connaît une évolution remarquable ces dernières années à la faveur du développement de l'exploitation minière. Cette évolution favorise le développement des PME et PMI évoluant dans le tertiaire. En 2016, la région de Kédougou comptait 62153 unités économiques avec près de 80% actives dans le commerce, le transport, les bars et restaurants. Le secteur touristique connaît aussi une dynamique non négligeable et pourrait, avec une bonne structuration, tirer davantage profit de l'attraction naturelle de la région et de la richesse de ses produits culturels.

2.3. Situation biophysique

La nature du relief et les types de sol confèrent à la région de Kédougou une biodiversité très importante tant du point de vue faunique que floristique. En effet, on y rencontre quasiment toutes les espèces de la flore guinéenne présente au Sénégal mais aussi une bonne partie de la faune de l'Afrique de l'Ouest dont plusieurs espèces d'antilopes. Cette biodiversité est, en partie, la résultante de caractéristiques climatiques favorables. Ainsi, les formations végétales de la région couvrent une superficie de près de 1 606 514 ha, soit 95% du territoire régional. La végétation comprend plusieurs types de formation dont les principaux sont : la steppe, la savane, la forêt claire, la forêt galerie, les prairies marécageuses, les bowé. La région représente l'un des derniers bastions de la faune du Sénégal. On rencontre au niveau de la Zone d'Intérêt Cynégétique (ZIC) de la Falémé la grande faune composée de bandes d'antilopes les plus prestigieuses dont l'hippotrague (antilope cheval ou Koba) et l'élan de derby. On y trouve aussi des hippopotames, des buffles, des lions, des panthères, des crocodiles...). Dans cette zone, se pratique la grande chasse aux bovidés. La région abrite également une grande partie du Parc National de Niokolo Koba (PNNK) (ANSD, 2017-2018).

2.4. Contexte climatique

Avec un climat de type soudano-guinéen, la région de Kédougou est l'une des régions les plus pluvieuses du pays avec au moins 1 300 mm/an. La saison des pluies dure environ six (06) mois, de Mai à Octobre, avec une saison sèche de six (06) mois également allant de novembre à mai. Elle est soumise à l'harmattan pendant sept (07) mois (Octobre à Avril). Toutefois, cette pluviométrie se caractérise par une grande variabilité spatio-temporelle, les mois d'Août et Septembre étant les plus pluvieux. En 2019, la région a enregistré, en moyenne, 1 096,5 mm de pluies sur les 10 stations (Kédougou, Bandafassi, Fongolimbi, Dakatéli, Oubadji, Salémata, Ethiolo, Saraya, Sabodala, Médina Baffé) pour 67 jours de pluies et un maximum de 1 391,2 mm enregistré à la station de Kédougou. Sur ces mêmes stations, on note une baisse de la quantité de pluies entre 2018 et 2019. En effet, durant la première année, la quantité de pluie enregistrée est de 1 108,1 mm. Cependant, une hausse de 7 jours du nombre de jours de pluie a été enregistrée (ANSD/SRSD/Kédougou 2018).

Au niveau des températures, on y distingue deux régimes thermiques. La période de basses températures, allant de juillet à février avec plus de fraîcheur aux mois de décembre et de janvier et la période de fortes températures se situant entre mars et juin. Les températures sont généralement élevées avec des maxima variant entre 34° et 42° et des minima entre 21° et 25°. L'humidité relative est également très élevée en hivernage. Elle dépasse 97% entre août et octobre ; de janvier à mars, elle baisse pour atteindre une valeur minimale voisine de 10%. L'évaporation croît du sud au nord, à l'inverse du gradient pluviométrique. De décembre à mai, elle est supérieure à 200 mm (ANSD/SRSD/Kédougou 2018).



3. État des lieux des connaissances scientifiques sur les changements climatiques dans la région de Kédougou

L'analyse de la documentation disponible au niveau de la région de Kédougou, montre bien la réalité des changements et de la variabilité climatique avec des impacts répertoriés dans tous les secteurs concernés (agriculture, santé, infrastructures et inondations).

3.1. Secteur de l'agriculture

La région de Kédougou subit les effets pervers des changements climatiques qui se traduisent entre autres, par un tarissement précoce des mares, des puits et autres points d'eau, la baisse du débit des cours d'eau et du niveau des nappes phréatiques. Avec la transhumance, les ressources en eau des différentes zones de la région sont fortement exposées. En effet, ces transhumants qui, à une période de l'année se voient contraints de quitter leurs zones de pâturage pour des zones plus propices, provoquent d'importants dégâts sur les zones de cultures à côté des parcours. Ils peuvent également occasionner des conflits sociaux entre paysans et éleveurs à cause de la divagation des animaux et la disponibilité du fourrage pour le bétail. Les impacts et effets des changements climatiques dans la région accentuent la vulnérabilité de l'agriculture, de la pêche et de l'élevage, ainsi que son impact au plan social.

Les changements liés à la baisse de la pluviométrie affectent les ressources naturelles de manière générale et les activités qui en dépendent. Les manifestations les plus notées dans la zone sont relatives aux aspects suivants : baisse et irrégularité de la pluviométrie avec comme conséquences : une baisse du niveau des nappes d'eau souterraine et un tarissement des puits ; un tarissement précoce des mares ; déplacement des troupeaux vers le fleuve Gambie pour l'abreuvement ; baisse des ressources en eau souterraine du fait de leur nature (zone de socle) ; réduction des possibilités d'activités de maraîchage qui est la principale occupation à caractère économique des femmes, Faiblesse du nombre de forages (qui est le mode le plus sécurisé d'alimentation en eau des populations, du cheptel et même pour la conduite d'activités agricoles de contre saison). Dans la zone de Kédougou, la nature et l'ampleur des changements climatiques peuvent être traduites par : les feux de brousse ; la dégradation et la baisse de la fertilité des sols, le déficit pluviométrique, le raccourcissement de la longueur de la saison pluvieuse etc. Cette dégradation des conditions climatiques contribue à une baisse du niveau social des populations avec une augmentation de la pauvreté dans la région à la suite de la baisse des revenus.

Pour faire face aux impacts décrits ci-dessus et attribuables aux changements climatiques, diverses stratégies d'adaptation sont développées dans la région pour lutter contre la dégradation du couvert végétal, l'accélération du processus d'érosion éolienne et hydrique et la dégradation des systèmes de production. En effet, ces systèmes de production essentiellement sous pluie, sont dominés par les principales cultures vivrières comme le mil, le sorgho, le maïs, le riz et le fonio. En plus des cultures vivrières, l'arachide et le coton occupent une bonne partie des superficies emblavées. Le maïs et le riz sont les spéculations les plus cultivées dans les départements de Kédougou et de Salémata. Pour réduire les effets néfastes des changements et de la variabilité climatiques sur le secteur de l'agriculture dans la zone, divers projets/programmes ont été mis en place en vue de contribuer à l'augmentation des superficies emblavées et de la productivité. Il s'agit entre autres du Projet d'Appui à la Petite Irrigation Locale (PAPIL) qui a contribué à l'augmentation des emblavures rizicoles qui sont passées de 300 ha en 2010 à 1780 ha en 2013 avec une prévision de 2000 ha attendue en 2014. Les programmes USAID/YAAJENDE, USAID/WULA NAFA et AFRICARE PRODIKT ont aussi contribué à l'amélioration de la productivité agricole. Il en est de même des investissements du PADAER en 2014 en partenariat avec le PAPIL (appui en labour des parcelles rizicoles, en semences certifiées de riz et de maïs, en engrais, en petits matériels agricoles, en matériels et produits horticoles) qui vont encore améliorer la production agricole de la région (SRAT, 2014). Le Tableau 2 ci-dessous complète la liste des projets/programmes qui sont intervenus dans la région.

Tableau 2 : Liste des programmes intervenant dans la région

Partenaires
Programme d'Appui au Développement Agricole et à l'Entrepreneuriat Rural (PADAER)
Petowal Mining Company (PMC)
Programme Alimentaire Mondial (PAM)
Programme Multinational de Renforcement de la Résilience à l'insécurité Alimentaire et Nutritionnelle au Sahel (P2RS)
Programme des Domaines Agricoles Communautaires – PRODAC (DAC ITATO)
Programme d'Urgence de Développement Communautaire (PUDC)
Fonds d'appui à la stabulation (FONSTAB)
ARD (Appui à la mise en œuvre de micros projets financés par PMC)
CARITAS (Hydraulique rural)
World Vision (Santé, élevage, protection des droits de l'enfant)
Projet intégré de nutrition dans les régions de Kolda et de Kédougou (PINKK), mis en œuvre avec des partenaires comme World Vision, Desjardins Développement international et la Cellule de lutte contre la sécurité alimentaire
PFNAC (Projet de Promotion d'une finance novatrice et d'adaptation communautaire dans les communes autour des réserves naturelles communautaires)

À côté de ces programmes les populations ont développé des stratégies endogènes d'adaptation, parmi lesquelles :

- l'organisation des populations en comités de lutte contre les feux de brousse ;
- la récolte du miel sans feu pour réduire les cas de feu ;
- la coopération renforcée avec le parc du Niokolo pour l'accès aux pâturages ;
- la diversification des sources de revenus avec le développement d'activités génératrices de revenus telles que l'apiculture, le maraichage, la transformation des produits forestiers non ligneux;

3.2. Secteur des inondations

L'analyse de la documentation disponible au niveau de la région de Kédougou, montre bien la réalité des changements et de la variabilité climatique avec des impacts répertoriés dans tous les secteurs concernés (agriculture, santé, infrastructures et inondations).

Le tableau ci-dessous expose les causes des inondations selon les localités dans la région de Kédougou.

Tableau 3 : Causes des inondations selon les localités dans la région de Kédougou

Localités	Causes	Observations
Commune de Kédougou	Fortes pluies, urbanisation de zones non assainies	Inondations, route bitumée, ponts détruits, isolation
Commune de Saraya	Fortes pluies, absence de systèmes d'assainissement	Débordement des cours d'eau Érosion
Quartiers de Gomba, Dalaba et Mosquée dans la Commune de Kédougou	Fortes pluies	Plusieurs concessions inondées par les eaux,
Ndiormi dans la Commune de Kédougou	Fortes pluies	Pont allahi wahidoune détruit
Village de Kenioto Peul	Eaux stagnantes, absence de ruissellement des eaux	Voiture tombée dans les eaux boueuses
Bandafassi, Syllacounda dans la Commune de Kédougou	Fortes pluies	Accès difficile ; difficulté pour évacuer les malades, pour s'approvisionner en nourriture, risque sanitaire
Sabadola, Commune de Saraya	Fortes pluies, Orages	Des pans entiers de mur en construction s'effondrent
Dindéfelo, Commune de Kédougou	Fortes pluies	Absence totale de système d'évacuation des eaux pluviales
Marigot de Sincountou	Fortes pluies, courant des eaux	Véhicule 4X4 englouti par la furie des eaux de pluie

Les conséquences des inondations dans la région de Kédougou sont assez diversifiées. Elles concernent l'impraticabilité des routes et pistes, la destruction de ponts et habitations, des pertes en vies humaines...

Les actions entreprises pour faire face aux dommages causés par les inondations dans la région de Kédougou concernent la mise en place d'un réseau d'assainissement, le désencombrement du réseau d'assainissement, la réhabilitation des infrastructures détruites (ponts, habitations) ...

3.3. Secteur des infrastructures

Dans la région de Kédougou les impacts de la variabilité climatique les plus notables sur les infrastructures routières sont le fait de la pluviométrie.

Les inondations et les ravinements des routes par les eaux de ruissellement provoquent la dégradation des routes et posent des problèmes d'accès aux infrastructures sanitaires pour les populations (Faye et al., 2018) mais aussi l'enclavement de certaines zones.

Pour faire face aux impacts des changements climatiques, un rapport d'Étude d'Impacts Environnemental et Social de 2016 propose à l'Ageroute un dimensionnement des ouvrages adaptés aux bassins-versants des sites où l'ouvrage sera implanté.

3.4. Secteur de la santé

Les travaux de Diouf et al., 2013 et 2017 et plus récemment ceux de Fall et al., 2022 basés sur l'observation et la modélisation décrivent l'incidence du paludisme au Sénégal. Le Sud du Sénégal demeure la zone la plus touchée par les maladies liées à l'eau. La région la plus touchée est Kédougou. Plusieurs facteurs environnementaux et sociaux peuvent expliquer cette forte incidence dans les régions comme celle de Kédougou :

- la végétation et les forêts dans ces zones offrent un habitat propice et une protection aux moustiques ;
- les fortes pluies favorisent l'installation d'eaux stagnantes (mare, rizières, marécage). Ces eaux constituent un lieu de ponte pour les moustiques femelles ;
- Kédougou est une région possédant des frontières avec 2 pays limitrophes (République de Guinée et Mali). Cela fait de cette région une zone très fréquentée par les voyageurs et donc un lieu de propagation de la maladie ;
- l'absence de structure de santé et de médicaments pour détecter et soigner efficacement les malades.

En outre, l'analyse de la distribution spatiale de différentes maladies enregistrées entre 2011 et 2021 au Sénégal montre que la région de Kédougou est fortement touchée par le paludisme, la dengue, la méningite les maladies diarrhéiques (Tableau 4). L'analyse de risques liés aux paramètres climatiques montre aussi que Kédougou reste une région à haut risque vis-à-vis de ces maladies susmentionnées et d'autres maladies climato-sensibles. Comme le montrent Faye et al. (2021), les maladies non transmissibles sensibles aux vagues de chaleurs y sont une préoccupation majeure. Ces auteurs ont travaillé sur les vagues de chaleur en utilisant à la fois la température minimale et maximale comme indicateurs) avec comme objectif une définition appropriée, de la vague de chaleur et l'évaluation de l'impact des vagues de chaleur sur la mortalité à Bandafassi, dans la région de Kédougou. Même si ces définitions ne sont pas spécifiquement conçues pour les impacts sur la santé, les vagues de chaleur détectées devraient être dangereuses pour la santé publique.

Tableau 4 : Maladies climato-sensibles dans la région de Kédougou

Maladies	Paramètres climatiques	Régions ou parties plus touchées
Paludisme	Pluie, température, humidité et vent	Régions du Sud et du Sud-Est (Kédougou)
Dengue	Pluie, température, humidité	Régions de l'Est (Kédougou)
Maladies diarrhéiques	Pluie, température	Région Sud-Est (Kédougou)
Maladies non transmissibles sensibles aux vagues de chaleurs	Température, humidité et vent, rayonnement solaire	Région Sud-Est (Kédougou)

Source : Rapport PNA-FEM, mars 2022.

4. RÉSULTATS DE L'ÉVALUATION PARTICIPATIVE DE LA VULNÉRABILITÉ

Les concertations locales avec les différents acteurs ont permis de recenser les principaux risques climatiques ainsi que leurs différents impacts qu'on peut situer au niveau environnemental et socio-économique. Les acteurs locaux rencontrés ont également proposé et hiérarchisé en fonction de plusieurs critères une liste d'options endogènes pour atténuer ces différents impacts.

4.1. Secteur de l'agriculture

4.1.1. Vulnérabilité actuelle

4.1.1.1. Risques climatiques identifiés

L'approche participative utilisée lors des focus group a permis d'identifier cinq risques climatiques majeurs notés dans la zone qui sont i) les pauses pluviométriques, ii) les pluies intenses, iii) les vents violents et orages, vi) les températures extrêmes v) et la déforestation. À côté de ces risques deux risques non climatiques ont été identifiés : les pratiques culturelles non adaptées (utilisation excessive des pesticides), l'absence de jachère etc. et l'exploitation. Ces différents risques affectent toute la région mais les zones de Saraya, Sabodala, et Kédougou sont plus exposées aux pluies intenses. Ces risques entraînent une baisse et une mauvaise qualité de la production agricole, une réduction du tapis herbacé, une inondation des parcelles, l'érosion hydrique, une forte évapotranspiration, une dégradation de la qualité de l'eau et la non disponibilité de l'eau d'irrigation (Tableau 5).

Tableau 5 : Risques climatiques et non climatiques identifiés et leurs impacts sur l'agriculture

Risque climatique	Fréquence/ Durée	Zone d'impact	Impacts sur l'Agriculture
Pause pluviométrique	Annuelle/ 2 à 3 semaines	Toute la région	Perte de semis, Mauvaise qualité de la production, Baisse de rendement de la production
Pluies intenses	Variable/ 1 fois	Saraya, Sabodala, Kédougou	Inondation des parcelles, déracinement des plants de maïs, Érosion hydrique
Vents violents qui accompagnent les pluies (orage violent)	Chaque 2 à 3 ans/début saison pluvieuse	Kédougou	Arrachage des cultures
Température extrême	Annuelle/ mars à mai	Toute la région	Forte évapotranspiration au niveau des cultures Mauvaise qualité du produit
Déforestation	Toute l'année	Toute la région	Réduction des services écosystémiques (Favorise le ruissellement, les inondations, Perte de produits forestiers non ligneux, Perte de fourrage aérien, favorise l'ensablement des mares, etc.)
Pratique culturelle non adaptée (utilisation excessive des pesticides), absence de jachère	Chaque saison/ saisonnière	Toute la région	Destruction du biotope,
Exploitation minière	Toute l'année	Départements de Saraya et Kédougou	Diminution des parcelles agricoles, perte de la main d'œuvre agricole, dégradation de la qualité de l'eau, non disponibilité de l'eau d'irrigation (dégradation de la qualité de l'eau du fleuve, baisse du niveau de la nappe

L'analyse du cumul pluviométrique à l'échelle de la région de Kédougou montre une légère tendance globale à une augmentation de la pluviométrie avec une variabilité interannuelle très

importante (Figure 1). Cependant il est clair que ce cumul des précipitations qui correspond à la quantité de précipitation cumulée (en mm) tombant durant la saison (Juillet - Septembre) peut être mal réparti au niveau spatial et temporel. Cette situation est appréciable avec l'intensité des pluies qui augment depuis les années 2000 dans la zone allant jusqu'à 700 mm/an. En effet le nombre d'années avec un nombre de jours humides (supérieur à 1mm) ne cesse d'augmenter (environ 50 jours humides/année) même si une certaine variabilité est observée. En même temps que ces jours humides sont notés, le nombre de périodes sèches sur la saison est relativement stable et peut aller jusqu'à 3 jours.

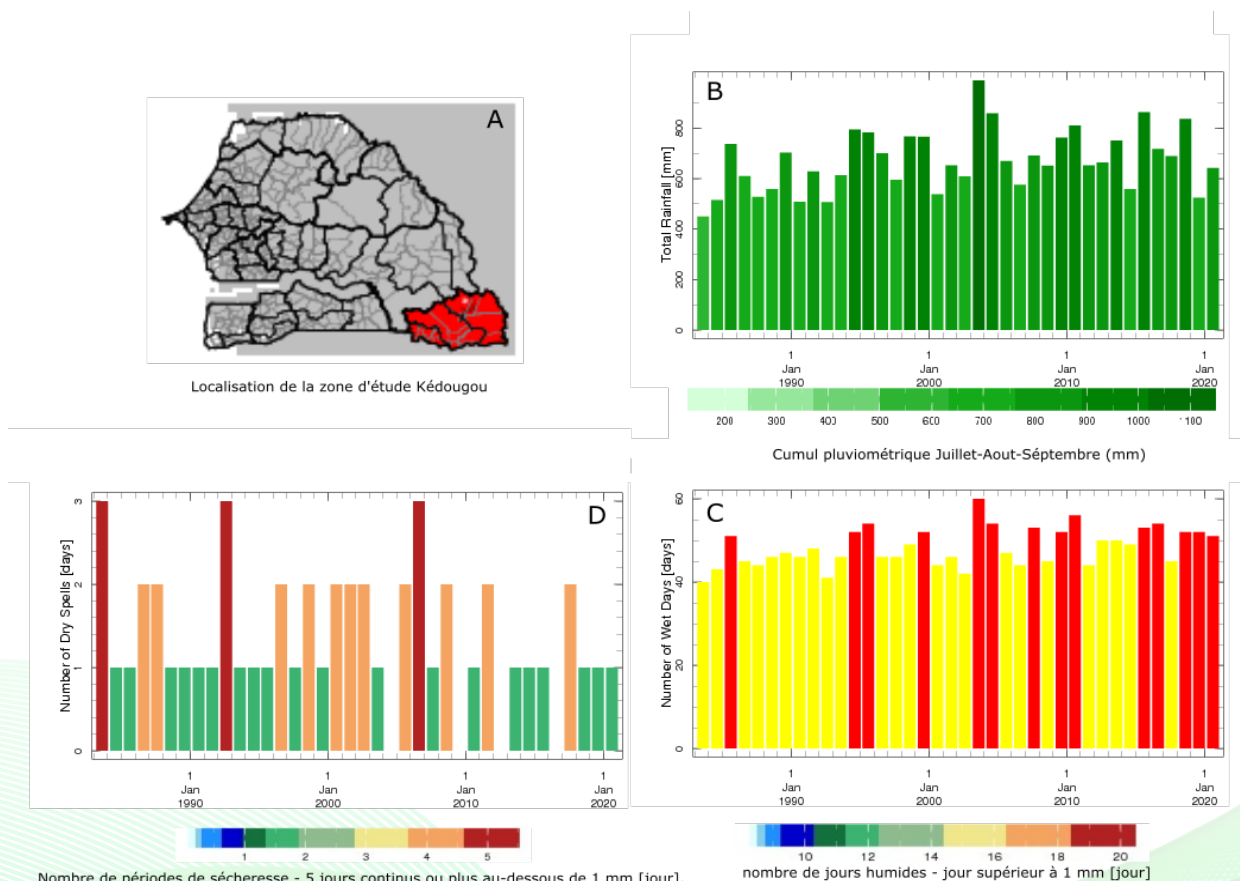


Figure 1 : Évolution des risques climatiques à Kédougou de 1980 à 2020, A : Localisation de la région de Kédougou ; B : Cumul pluviométrique, C : l'intensité des précipitations et D : le nombre de périodes sèches du 1 Juillet au 30 Septembre
(Source : Maproom ANACIM <http://213.154.77.59/maproom/>)

Cette situation montre l'irrégularité des pluies et qui est observable au niveau de l'indice standardisé des précipitations (SPI) avec des années modérément (SPI 1.00 à 1.49) à extrêmement humide (SPI =2) depuis les années 2000 (Figure 2).

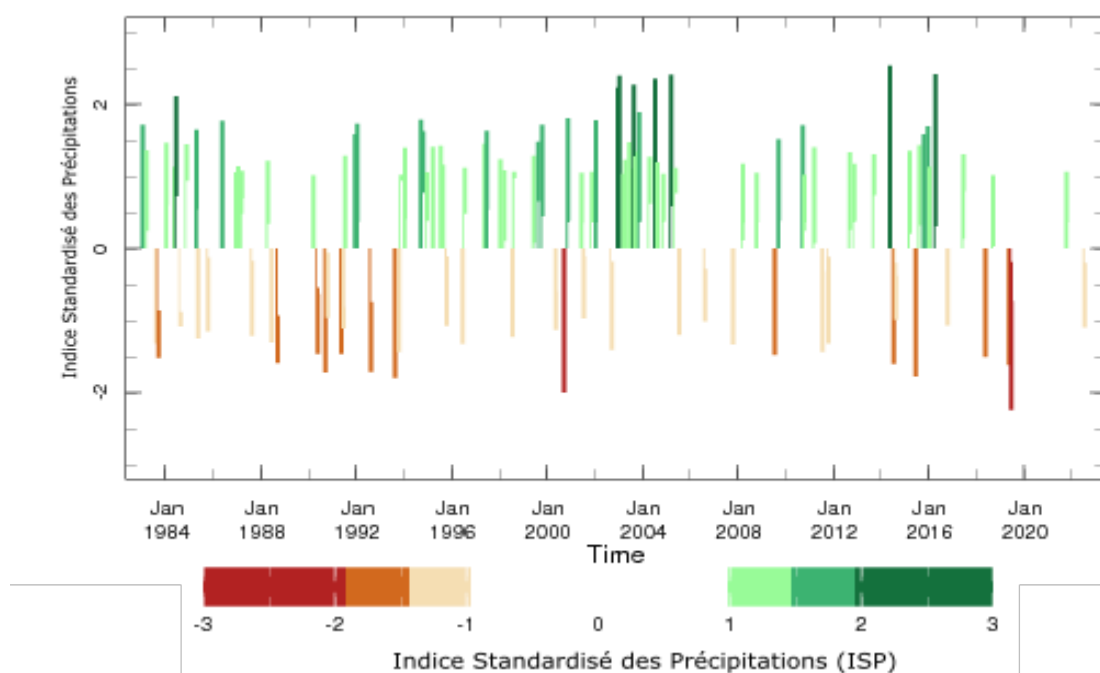


Figure 2 : Indice standardisé des précipitations (ISP) de 1981 à 2020 à Kédougou
(Source : Maproom ANACIM <http://213.154.77.59/maproom/>)

4.1.1.2. Impacts des changements climatiques sur le secteur agricole

Les différents risques climatiques identifiés ont des impacts importants sur le secteur agricole. En fonction de chaque culture, du type de sol, des sous-secteurs élevage et foresterie, ces risques ont des impacts différents.

Impacts sur les cultures (riz, arachide et maïs) : un impact négatif sur le développement végétatif est noté avec un retard de croissance et le non bouclage du cycle dû aux pauses pluviométriques. Pour l'arachide ces pauses pluviométriques entraînent un mauvais remplissage des grains et des rendements réduits. Il y a également une asphyxie des plantes à cause des pluies intenses causant des inondations mais aussi la pourriture de la fane d'arachide. La hausse des températures est à l'origine d'une forte évapotranspiration et d'une demande plus importante des plantes en eau. Ces impacts entraînent une baisse des rendements et par conséquent une réduction des revenus des ménages (Tableau 6).

Tableau 6 : Impacts des risques climatiques identifiés sur les cultures maïs, riz et arachide

Risque climatique	Impacts biophysiques sur le cycle de développement	Impacts socio-économiques
Pauses pluviométriques	Ralentissement de la croissance des plants Stress hydrique Mauvais remplissage, et absence de maturation des graines (arachide)	Baisse de rendement, baisse de revenu Baisse de la valeur économique
Pluies intenses (inondations)	Asphyxie des plantes, Pourriture des plants, des graines	Baisse du rendement
Vent violent (orage, tempête)	Déracinement des plants	Baisse du rendement, Baisse de la productivité
Température extrême	Augmente l'évapotranspiration Forte perte d'eau, stress hydrique	Baisse de la production, Baisse de la valeur économique Baisse de la qualité des produits

Impacts sur les sols : Comme les différentes cultures considérées ici comme des unités d'exposition, les sols de la région de Kédougou sont aussi exposés aux différentes manifestations climatiques et non climatiques. Ces risques entraînent entre autres l'érosion hydrique, le lessivage du sol, ainsi que la destruction rapide de la matière organique. La région de Kédougou est fortement

exposée à l'exploitation des mines qui a un impact important sur les sols cultivables (Tableau 7). Enfin, les impacts notés entraînent l'appauvrissement des sols, la perte de terres arables, l'augmentation des coûts de production (intrants) et la baisse des rendements.

Tableau 7 : Impacts des risques climatiques identifiés sur les sols

Risque climatique	Impacts biophysiques sur la texture/structures	Impacts socio-économiques
Intensité de pluies (inondations)	Érosion hydrique, Lessivage du sol,	Baisse des rendements, Augmentation des coûts de production, Accroissement de la pauvreté, Reconversion, exode rural
Vent violent (orage, tempête)	Érosion éolienne,	Appauvrissement des sols, Perte de terre arable
Température extrême	Destruction rapide de la matière organique	Production faible

Impacts sur l'élevage : Le sous-secteur de l'élevage est fortement impacté par les pauses pluviométriques à cause de la disparition de certaines espèces fourragère, du tarissement des mares, du rétrécissement des zones de pâturage et de l'apparition de maladies zoonotiques comme la Fièvre de la Vallée du rift, et la Fièvre Hémorragique Crimée Congo. Ces différents impacts sont à l'origine d'un manque de protéines animales pour les populations, d'une mauvaise qualité et la cherté des ressources fourragères, d'une divagation des animaux et l'augmentation de la mortalité du cheptel (Tableau 8).

Tableau 8 : Impacts des risques climatiques identifiés sur l'Élevage

Risque climatique	Impacts biophysiques sur la forêt	Impacts socio-économiques
Pauses pluviométriques	Réduit la disponibilité et la qualité du fourrage	Transhumance, divagation des animaux, diminution de la production (baisse de revenus)
Pluies intenses (inondations)	Stresse thermique, maladies Réduction des zones des pâturages	Augmentation des mortalités Baise de production
Vents violents (orage, tempête)	Pertes d'animaux,	Réduction du cheptel
Température extrême	Stresse thermique Tarissement des mares Mortalité du cheptel	Réduction du cheptel

Impacts sur la foresterie : Comme tous les autres sous-secteurs de l'Agriculture, la foresterie est aussi fortement impactée par les risques climatiques notés au niveau de la région de Kédougou. Ainsi les pauses pluviométriques sont à l'origine de la réduction et la disparition de certaines espèces forestières et la régression du tapis herbacé des savanes des steppes qui entraîne une diminution de la quantité des produits forestiers non ligneux. Les fortes pluies entraînent l'érosion des berges, l'ensablement des bas-fonds et la migration de certaines faunes vers les hautes terres alors que les vents forts sont à l'origine de chablis dans les forêts. Les fortes températures favorisent les incendies de forêts. Ces différents risques entraînent une réduction des services écosystèmes (PFL et PFNL, ...) et un impact sur le potentiel (Tableau 9).

Tableau 9 : Impacts des risques climatiques identifiés sur la foresterie

Risque climatique	Impacts biophysiques sur la forêt	Impacts socio-économiques
Pauses pluviométriques	Destruction du tapis herbacé des savanes et steppes, Colonisation de l'espace par des espèces plus résistantes	Réduction des services écosystémiques et des revenus
Pluies intenses (inondations)	Érosion des berges, ensablement des bas-fonds Migration de certaines faunes vers les hautes terres, ravinement, submersion des certains ligneux	Conflit homme faune (introduction de la faune vers la zone de culture, d'élevage, d'habitation)
Vents violents (orage, tempête)	Chablis dans les forêts, renverse certains arbres, chute des fleurs, fruits	Réduction des services écosystème de la forêt
Température extrême	Favorise des feux de brousse plus étendus et plus destructeurs (développement de la matière organique critique), mortalité Disparition d'espèces végétales et faunique sensibles et réapparition d'autres espèces, tarissement des points d'eau, Évaporation, perturbation de l'habitat	Réduction des services écosystémiques (PFL et PFNL, ...), impact sur le potentiel faunique

4.1.1.3. Analyse de la sensibilité globale

L'analyse de la sensibilité globale a été faite à l'aide de la matrice de sensibilité. La note l'impact du risque identifié sur l'unité d'exposition est donnée sur une échelle de 1 à 5. La somme des différents scores sur la ligne donne l'indice d'exposition pour l'unité d'exposition, alors que la sommes des scores sur la colonne correspond à l'indice d'impact du risque. L'utilisation de la matrice de sensibilité exige :

- de faire une première analyse des moyens d'existence dominants dans la région étudiée ;
- d'identifier les différentes menaces pour ces moyens d'existence ;
- de développer une matrice qui permet de confronter les moyens d'existence aux risques identifiés ;
- de choisir une échelle de pondération (comprise entre **1 et 5** dans le cas de cette étude) pour apprécier de manière qualitative à partir d'avis d'experts le niveau de sensibilité de chaque moyen d'existence par rapport aux différents risques identifiés avec : **1=** impact très faible ; **2=**impact faible ; **3=**impact moyen ; **4=**impact fort ; **5=**impact très fort ;
- de remplir la matrice en affectant une note à chaque case ;
- d'agréger les évaluations par ligne (**indice d'exposition**) et par colonne (**indice d'indice**).

L'indice d'exposition est obtenu en faisant la somme des pondérations pour chaque ligne divisée par la note totale possible obtenue. Par exemple, si la note maximale qu'on peut affecter est 5, la note totale possible est 25, c'est-à-dire 5x5 si la matrice présente 5 colonnes, 20 si la matrice présente 4 colonnes etc. L'indice d'exposition le plus élevé montre le moyen d'existence le plus impacté par l'ensemble des risques identifiés.

L'indice d'impact est obtenu en faisant la somme des pondérations pour chaque colonne divisée par la note totale possible. La même méthode de calcul est utilisée pour le calcul de l'indice d'impact mais dans le sens des colonnes. L'indice d'impact le plus élevé montre le risque le plus important dans la région.

L'analyse des risques climatiques de la région de Kédougou a montré que les pluies intenses sont le facteur climatique qui impacte plus le secteur agricole avec un indice d'impact de 24 (Tableau 10). Les impacts sur les cultures sont nombreux en particulier sur le développement végétatif des cultures avec des besoins en eau plus important dus à l'augmentation de l'évapotranspiration. Les vents violents et orages sont aussi des facteurs de vulnérabilité importants (avec un indice d'impact de 23) entraînant entre autres les chablis dans la forêt, l'érosion éolienne et des dégâts sur les cultures comme le maïs et le mil. Les pauses pluviométriques sont aussi un facteur de vulnérabilité important à l'origine d'un retard de croissance et le non bouclage du cycle des cultures, du mauvais

remplissage des grains et des rendements réduits. Les fortes températures ont un impact aussi important sur les cultures pluviales notamment à certaines périodes comme la floraison causant des avortements et ou le mauvais remplissage des grains. Ces températures affectent aussi les cultures maraîchères comme la tomate très sensible aux fortes chaleurs.

Parmi les différentes unités d'exposition agricoles, les cultures de maïs et l'élevage sont les unités les plus sensibles aux différents risques identifiés. En effet le maïs est affecté à la fois par les pauses pluviométriques, les vents et la hausse de la température, qui entraînent une réduction des rendements notée. L'élevage pastoral est aussi un secteur très sensible aux risques identifiés, à cause notamment de la réduction de la disponibilité du fourrage de qualité, du tarissement précoce des mares mais aussi des conflits entre agriculteurs et éleveurs nés de la divagation des animaux. Ainsi les agriculteurs sont parmi les plus exposés des groupes d'acteurs avec un indice d'exposition de 12, mais également les éleveurs avec un indice de 8. Ceci à cause des différents impacts socio-économiques des risques climatiques notamment les impacts liés aux moyens de subsistances des ménages agricoles.

Tableau 10 : Matrice de sensibilité de la région de Kédougou

	Risque climatique				Indice d'exposition
	Pauses pluviométriques	Pluies intenses (inondations)	Vents violents (orage, tempête)	Température extrême	
Services rendus par l'Agriculture					
Maïs	3	3	3	0	9
Arachide	3	2	2	0	7
Riz	3	2	2	0	7
Terres cultivables	0	4	2	0	6
Fertilité des sols	0	4	2	0	6
L'élevage	3	2	2	3	10
Foresterie	0	0	1	0	1
Groupe d'acteurs ou moins d'existence					
Agriculteur	4	3	3	2	12
Éleveur	2	2	2	2	8
Exploitant forestier	0	1	2	1	4
Exploitant cynégétique	0	1	2	2	5
Conservateur	0	0	0	1	1
Autres					
Indice d'impact	18	24	23	11	

4.1.2. Vulnérabilité future

4.1.2.1. Projection climatique sur la pluviométrie et la température

Horizon 2035 : L'analyse des projections de la pluviométrie au niveau de la région de Kédougou montre que quel que soit l'horizon et le scénario, le cumul pluviométrique pourrait diminuer (Tableau 11). Ces résultats sont en accord avec ceux de Deme et al., (2015). Cette diminution est importante à l'horizon 2035 et pour le scénario RCP 4.5, cependant elle devient plus importante à l'horizon 2050 avec le scénario RCP8.5. Un écart de pluviométrie de -41.6 ± 36 mm est noté à l'horizon 2035 à Kédougou selon le scénario RCP4.5, alors que le scénario RCP 8.5 prédit un écart jusqu'à -56.7 ± 60 mm par rapport au cumul pluviométrique de la saison de référence. Quels que soient le scénario et l'horizon considérés, la température va augmenter par rapport à la période de référence. La température connaît une hausse de $1,2^{\circ}\text{C}$ par rapport à la période de référence selon le scénario RCP4.5, pour le scénario RCP8.5 cette hausse est plus importante de $1,5^{\circ}\text{C}$.

Horizon 2050 : Quels que soient le scénario et l'horizon considérés, la pluviométrie va baisser davantage et la température va augmenter. En effet, selon le scénario RCP4.5 un écart du cumul pluviométrique jusqu'à -60.6 ± 50 est noté, cet écart est plus important avec le scénario RCP8.5 avec -95 ± 88 . Contrairement à la pluviométrie, la température va connaître une hausse atteignant un écart de $1,7 \pm 0,2$ °C par rapport à la période de référence selon le scénario RCP4.5 et jusqu'à $2,3$ °C selon le scénario RCP8.5.

Cette hausse de la température aura sans doute un impact sur l'évapotranspiration qui va aussi augmenter quel que soit le scénario et l'horizon considéré.

Tableau 11 : Projections température et précipitation aux horizons 2035 (2020-2050) / 2050 (2035-2065)

Localité	Kédougou	
Scenarior	rcp45	rcp85
Écart pluviométrie Horizon 35 (mm)	-41.6 ± 36	-56.7 ± 60
Écart pluviométrie Horizon 50 (mm)	-60.6 ± 50	-95 ± 88
Écart Température Horizon 35 (°C)	1.2	1.5
Écart Température Horizon 50 (°C)	1.7	2.3

L'évolution de l'indice de pluie standardisé (IPS) (Figure 3), montre une tendance à la baisse dans le futur avec des pics d'années extrêmement sèches aux années 2026, 2045 (IPS = > -2). Au-delà de 2050 les projections montrent une recrudescence des événements de sécheresse qui pourraient être extrêmement sévère. Il faut noter aussi la forte variabilité interannuelle de l'IPS qui pourrait entraîner l'apparition d'années humides à l'intérieur des périodes très à extrêmement sèches.

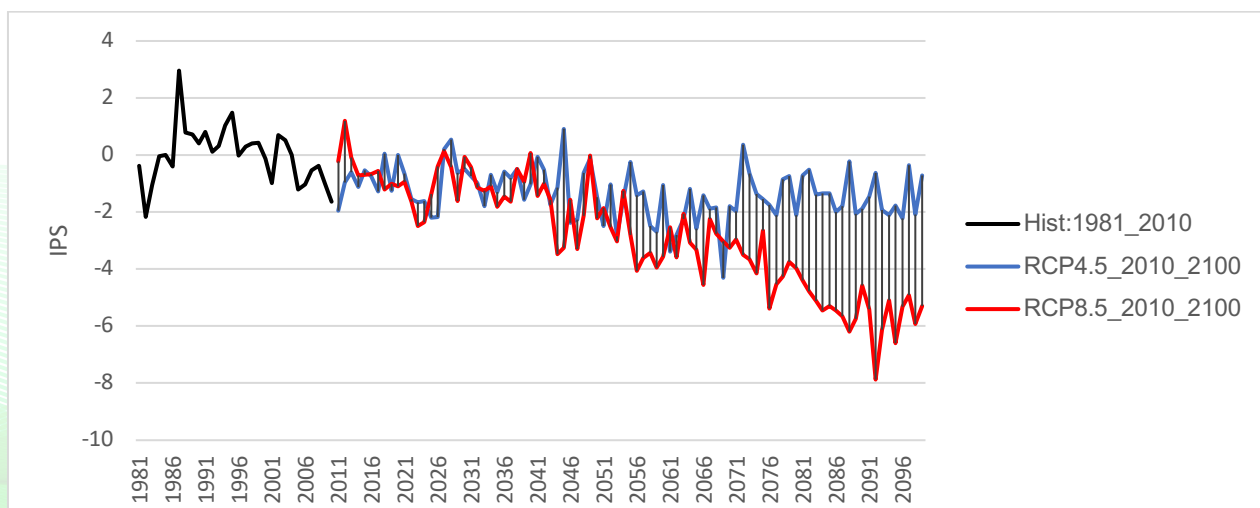


Figure 3 : Évolution de l'indice de pluie standardisée (IPS) de la période historique (noire), du scénario rcp4.5 (bleue) et du scénario rcp8.5 (rouge)

Les données utilisées sont celles de la moyenne d'ensemble des 29 simulations des modèles CMIP5 disponibles dans le portail Climap de l'ANACIM

4.1.2.2. Analyse de la sensibilité future du secteur agricole

4.1.2.2.1. Projection et écarts de rendements

L'analyse de l'évolution des rendements des spéculations mil, sorgho et maïs sur la période 2010-2050 montre qu'elles suivent une tendance baissière par rapport à la période de référence (1981-2010) avec une grande variabilité notamment pour le scénario RCP8.5 (Figure 4). Pour la période de référence, les rendements du maïs tournent autour de 2578 kg/ha, alors la projection avec RCP4.5 est de 2060 Kg/ha en moyenne contre 1854 kg/ha pour RCP8.5 d'ici 2100. Cette même tendance est notée avec les autres céréales comme le mil (référence : 1442 kg/ha, RCP4.5 : 1111 kg/ha, RCP8.5 : 980 kg/ha) et le sorgho (référence : 1565 kg/ha, RCP4.5 : 1130 kg/ha, RCP8.5 : 997 kg/ha) qui présentent aussi une baisse. Chez le riz on note la même tendance baissière dans le futur pour la variété NERICA 8 (référence : 1080,7 kg/ha, RCP4.5 : 985,5, RCP8.5 : 808,2 kg/ha) et la variété NERICA 12 (référence : 1472,23 kg/ha, RCP4.5 : 1192,17, RCP8.5 : 1007,47 kg/ha). Sur

l'arachide qui est une légumineuse comparée aux céréales, une baisse moins importante (référence : 1142,3 kg/ha, RCP4.5 : 1128,9, RCP8.5 : 1028, 7 kg/ha) est notée pour la variété Fleur11 et 73-33 (référence : 1006,4 kg/ha, RCP4.5 : 1003,7, RCP8.5 : 956, 7 kg/ha) (Figure 4).

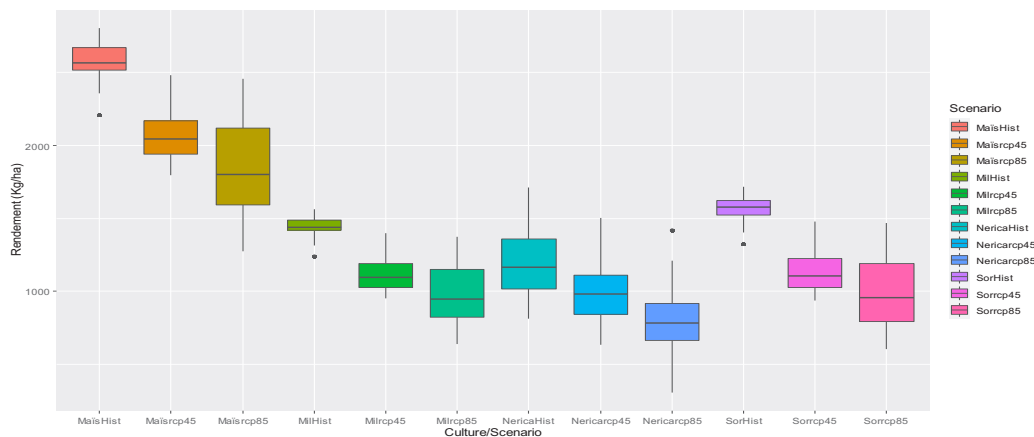


Figure 4 : Évolution des rendements simulés de la période de référence (1981-2010) et projetés suivant les scénarios RCP4.5 et RCP8.5 à l'horizon 2050

Horizon 2035 : Au niveau variétal les résultats des simulations révèlent qu'à l'horizon 2035, le mil à cycle court sera impacté pouvant entrainer un écart de rendement de 23,9% par rapport à la référence, selon le scénario RCP4.5 et 25,7% selon RCP8.5 (Figure 5). Le mil à cycle long connaîtra une réduction de 13,6% selon RCP4.5 et 16,9% selon RCP8.5. Le maïs sera aussi impacté avec 18,5% de réduction selon le RCP4.5 et 19,2% suivant RCP8.5 pour la variété de cycle court. La variété de cycle long sera moins touchée avec 15,3% de réduction selon le scénario RCP4.5 et 18,5% suivant le scénario RCP8.5. Des trois spéculations de céréales le sorgho est la plus affectée, notamment la variété à cycle court qui enregistre une réduction de 28,9% suivant les deux scénarios. La variété à cycle long connaît une réduction de 18,8% selon le RCP4.5 et de 21,9% suivant le scénario RCP8.5.

Horizon 2050 : Les mêmes tendances que pour 2035 sont notées mais avec une réduction plus prononcée. En effet, les changements climatiques auront un impact sur les rendements du mil avec des diminutions de l'ordre de 29,2% pour les variétés à cycle court selon le scénario RCP45, et 35% selon le scénario RCP8.5 (Figure 5). Cette baisse sera aussi pour le maïs à cycle court qui peut enregistrer jusqu'à 22,5% de réduction selon le scénario RCP4.5 et 26,5% selon le scénario RCP8.5. Le maïs à cycle long sera légèrement moins impacté avec 19,6% de réduction suivant RCP4.5 et 26,2% suivant le RCP8.5. La variété à cycle court du sorgho est fortement impactée suivant le scénario RCP 4.5 avec 35% et 39,4% suivant RCP8.5. La même tendance est notée sur la variété à cycle long avec 24,5% de réduction suivant RCP4.5 et 31,7% suivant le RCP8.5.

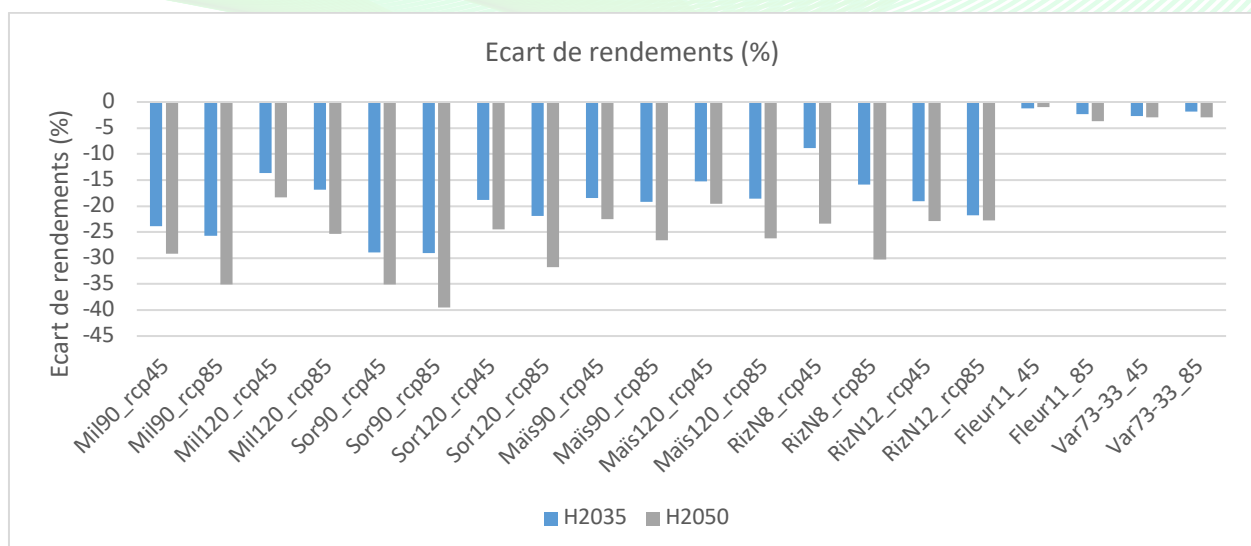


Figure 5 : Écarts de rendements du mil, maïs, sorgho et l'arachide aux horizons 2035 et 2050, par rapport à la période de référence 1981-2010

4.2. Secteur de la santé

4.2.1. Vulnérabilité actuelle

L'approche participative utilisée lors des focus group a permis d'identifier quatre risques climatiques majeurs dans la région qui sont i) les tempêtes de poussières, ii) les inondations, iii) les vagues de chaleur et vi) l'érosion. À côté de ces risques climatiques, d'autres risques non climatiques ont été identifiés à savoir : les difficultés d'accès aux marchés et produits alimentaires, l'impraticabilité des routes, l'inaccessibilité de certaines zones, l'insuffisance d'infrastructures et d'équipements adaptés. Les impacts sanitaires de ces risques sanitaires sont notés partout dans la région et ont pour nom : problème de remontée des données sanitaires, malnutrition, problème d'accès aux structures, insuffisance de l'offre de services et de la qualité de service, démotivation du personnel de santé (Tableau 12).

Tableau 12 : Risques climatiques identifiés et leurs impacts sur la santé

Risque climatique	Fréquence/Durée	Zone d'impact	Conséquences
Risque 1 : Fortes précipitations (inondations, foudres/orage etc.	Fréquent (chaque année)	Toute la région de Kédougou (sauf Saraya pour les inondations)	-Maladies du péril fécal - paludisme -maladie diarrhéiques -Bilharziose -décès liés aux foudres -Accès difficile aux infrastructures de santé
Risque 2 : forte chaleur (vagues de chaleurs, canicule)	Fréquent (chaque année) Durée 4mois (Mars-Juin)	Toute la région de Kédougou	-Augmentation des maladies cardiovasculaires (AVC, HTA) -Avortements, HRP, PP, Eclampsie etc.
Risque : 3 tempêtes de poussière (qualité de l'air)	Fréquent (chaque année) Avril- Juin	Toute la région (Département Saraya et Kédougou surtout)	Maladies respiratoire (asthme, allergie etc.
Risque 4 : érosions	Fréquent (chaque année) 6 mois (mai-octobre)	Toute la région	-malnutrition liée à la baisse des rendements

Les changements climatiques peuvent affecter les opportunités économiques de différents groupes au sein des sociétés et déclencher des conflits sur les ressources naturelles et la répartition du pouvoir. Une littérature croissante devrait étudier la relation entre le climat et les conflits liées à une exploitation de ressources minières, utilisant dans de nombreux cas des variables climatiques (principalement des changements dans les régimes de précipitations) comme source de chocs exogènes sur les revenus.

En ce qui concerne les mécanismes qui relient les perturbations climatiques aux conflits, il existe 5 mécanismes distincts :

- Accès aux biens publics dans les zones rurales, comme l'eau ou la rareté des ressources renouvelables ;
- Effet de sécheresses et d'inondations sur les prix des denrées alimentaires, entraînant des conflits entre producteurs ruraux et consommateurs urbains ;
- Effet sur les recettes publiques d'une réduction de l'assiette fiscale ou d'une augmentation de la demande de services et d'assistance pour répondre aux chocs climatiques dans les zones rurales ;
- Effets des conditions météorologiques sur la croissance économique, le mécontentement économique entraînant des troubles publics et des conflits ;
- Perturbations climatiques pouvant également affecter les moyens de subsistance ruraux, déplaçant les populations vers les zones urbaines et alimentant une croissance urbaine non

planifiée. Cela se traduit par une rareté de l'offre alimentaire qui augmente les prix et un excès de demande de biens publics, qui peuvent tous deux accroître les tensions sociales, et potentiellement les conflits.

4.2.1.1. Analyse de sensibilité globale

L'analyse des risques climatiques de la région de Kédougou a montré que les tempêtes de poussière et les vagues de chaleur sont les facteurs climatiques qui impactent le plus le secteur de la santé avec des indices d'impact de 18 et 16 et respectivement (Tableau 13). Les impacts sur les maladies sont nombreux en particulier sur l'aggravation de certaines maladies, l'apparition de maladies émergentes et ré-émergentes. Kédougou est une région avec un climat tropical et souffre souvent de hautes températures. Les inondations sont aussi des facteurs de vulnérabilité importants (avec un indice d'impact de 15) entraînant entre autres la prolifération des moustiques, la contamination des eaux de surface, la contamination de la chaîne alimentaire l'aggravation des maladies de la peau. Des inondations emportant des cultures sont aussi des facteurs de vulnérabilité importants pouvant entraîner une baisse des récoltes et de la malnutrition. Les changements climatiques peuvent influencer les régimes alimentaires et la nutrition par diverses voies. Le réchauffement des températures, les précipitations irrégulières et les phénomènes météorologiques extrêmes affectent le potentiel de rendement des cultures [Romanello et al., 2021], entraînant une augmentation de l'insécurité alimentaire et financière. L'approvisionnement en eau, l'assainissement et l'hygiène, compte tenu de leur impact direct sur les maladies infectieuses, en particulier la diarrhée, sont importants pour prévenir la malnutrition. La malnutrition et l'insuffisance de l'approvisionnement en eau et de l'assainissement sont liées à la pauvreté. L'impact de la pauvreté sur les diarrhées répétées ou persistantes liées à la nutrition et l'effet de la malnutrition sur la sensibilité aux diarrhées infectieuses renforcent le même cercle vicieux, en particulier chez les enfants des pays en développement [FAO, 2014].

Parmi les différents motifs de consultation, les HTA (hypertension artérielle) et les affections cutanées sont plus sensibles aux différents risques identifiés. Les enfants, les femmes (notamment les femmes enceintes), les personnes âgées et celles vivant avec un handicap sont plus touchés par les différents risques identifiés.



Tableau 13 : Matrice de sensibilité de la région de Kédougou

	Risque climatique				Indice d'exposition
	Risque 1 : Tempêtes de poussière	Risque 2 : Vagues de chaleur	Risque 3 : Inondations	Risque 4 : Baisse de la pluviométrie	
Services rendus par la santé					
Mc1/m : HTA	1	5	4	2	12
Mc2/m : Diarrhée	2	2	5	1	10
Mc3/m : Pneumonie	5	4	2	1	12
Mc4/m : Affections cutanées	5	3	4	1	13
Mc5/m : Paludisme	1	3	5	1	10
Populations vulnérables					
Enfants	5	4	5	5	19
Femmes	3	3	3	2	11
Femmes enceintes	4	4	4	5	17
Personnes handicapées	4	2	5	2	13
Personnes âgées	4	5	4	2	15
Tranche d'âge					
0 - 5 ans	5	3	4	4	16
5 – 14 ans	5	2	3	3	13
15 – 45 ans	2	2	2	2	8
45 – 65 ans	2	4	2	2	10
65 et plus ans	4	5	4	3	16
Indice d'impact	18	16	15	14	

4.2.2. Vulnérabilité future

4.2.2.1. Analyse du risque climatique futur : Modélisation climatique

Une dizaine de modèles climatiques globaux issus du CMIP6 (Coupled Model Intercomparison Project, version 6) pour la variable précipitations ont été utilisés. Ces simulations sont disponibles au pas de temps journalier pour la période 1850-2014 (Historique) et 2015-2100 (projections). Les modèles disponibles sont présentés dans le Tableau 14. Ils sont disponibles à différentes résolutions spatiales qui, par exemple, vont de 100 km (EC-Earth3) à plus de 350 km (CanESM5). Les jeux de données (observés et simulés) utilisés ont été interpolés sur la grille enfin pour les rendre cohérents dans l'analyse et l'interpolation. La période 1985 à 2014 a été choisie comme période de référence.

Tableau 14 : Modèles CMIP6, leurs institutions et pays d'origine et leur résolution

Nom model	Institution et pays	Résolution spatiale (Latitude x Longitude)
ACCESS-CM2	Australian Community Climate and Earth System Simulator Climate Model Version 2	1.9° x 1.3°
ACCESS-ESM1-5	Australian Community Climate and Earth System Simulator Earth System Model Version 1.5	1.9°x1.3°
BCC-CSM2-MR	Beijing Climate Center (BCC) and China Meteorological Administration (CMA), Chine	1.1 x 1.1
BCC-ESM1	Beijing Climate Center (BCC) and China Meteorological Administration (CMA), Chine	2.81° × 2.81°
CanESM5	Canadian Earth System Model, Canada	2.81° × 2.81°

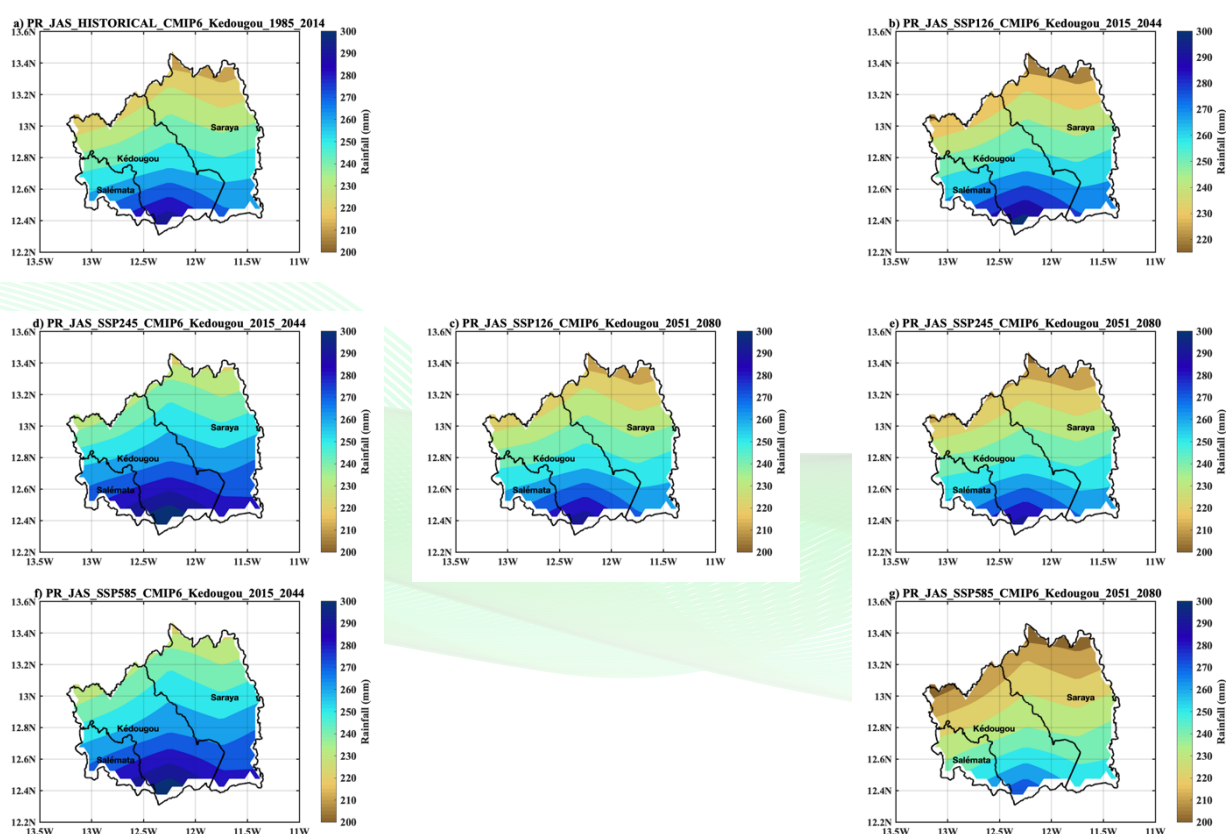
Nom model	Institution et pays	Résolution spatiale (Latitude x Longitude)
CESM2	National Center for Atmospheric Research, Climate and Global Dynamics Laboratory, USA	1.25° × 0.94°
CESM2-WACCM	National Center for Atmospheric Research	1.25° × 0.94°
CMCC-CM2-SR5	The Euro-Mediterranean Center on Climate Change, Italie	2.8° × 1.9°
CNRM-CM6	Centre National de Recherches Météorologiques-Centre Européen de Recherches et de Formation Avancée en Calcul Scientifique, France	1.4° × 1.4°
CNRM-CM6_HR	Centre National de Recherches Météorologiques-Centre Européen de Recherches et de Formation Avancée en Calcul Scientifique, France	0.5° × 0.5°
CNRM-ESM2-1	Centre National de Recherches Météorologiques-Centre Européen de Recherches et de Formation Avancée en Calcul Scientifique, France	1.4° × 1.4°
EC-Earth3	EC-EARTH Consortium (27 institutions), Europe	0.70° × 0.70°
EC-Earth3-Veg	EC-EARTH Consortium (27 institutions), Europe	0.70° × 0.70°
FGOALS-g3	Flexible Global Ocean-Atmosphere-Land System model Grid-point version 3	2° × 2.3°
GFDL-CM4	Geophysical Fluid Dynamics Laboratory, USA	2.50° × 2.00°
GFDL-ESM4	Geophysical Fluid Dynamics Laboratory, SUA	1.25° × 1.00°
IITM-ESM	Indian Institute of Tropical Meteorology, India	1.9° × 1.9°
INM-CM4-8	Numerical Mathematics, Russian Academy of Science, Moscow 119991, Russie	2° × 1.5°
INM-CM5-0	Numerical Mathematics, Russian Academy of Science, Moscow 119991, Russie	2° × 1.5°
IPSL-CM6A-LR	Institut Pierre-Simon Laplace, France	2.5° × 1.3°
KACE-1-0-G	National Institute of Meteorological Sciences, Korea	1.4° × 1.9°
KIOST-ESM	Korea Institute of Ocean Science and Technology, Korea	1.875° × 1.875°
MIROC6	Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, Kanagawa 236-0001, Japon	1.4° × 1.4°
MIROC-ES2L	Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, Kanagawa 236-0001, Japon	2.8° × 2.8°
MPI-ESM1-2-HR	Max Planck Institute for Meteorology, High Resolution, Allemagne	0.9° × 0.9°
MPI-ESM1-2-LR	Max Planck Institute for Meteorology, Low Resolution, Allemagne	1.9° × 1.9°
MRI-ESM2	Meteorological Research Institute, Japon	1.1° × 1.1°
NESM3	Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing,	1.9° × 1.9°
NorESM2-LM	Norwegian Meteorological Institute Low Medium Norway	2.5° × 1.9°
NorESM2-MM	Norwegian Meteorological Institute Medium Medium Norway	0.9° × 1.3°
TaiESM	Research Center for Environmental Changes, Taiwan	1.3° × 1°

Pour étudier d'éventuels impacts futurs, le GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat) dans son 6e rapport [Zhongming et al., 2021] s'appuie sur cinq scénarios appelés Shared Socio-economic Pathways (SSP), ou trajectoires économiques ». Nous utilisons notamment SSP1, SSP2 et SSP5. Les économistes et les sociologues évaluent les coûts d'adaptation et d'atténuation liés aux changements climatiques selon différents scénarios socio-économiques compatibles avec les scénarios RCP (Representative Concentration Pathway). Les scénarios RCP (pour "Representative Concentration Pathway" en anglais, "Trajectoires représentatives de concentration" en français) sont quatre scénarios de trajectoires de forçage radiatif jusqu'à l'an 2100. Ces scénarios ont été établis par le GIEC pour son 5e rapport, AR5 (GIEC Cinquième rapport d'évaluation ou Cinquième rapport d'évaluation du GIEC). Un scénario RCP est utilisé pour modéliser le climat futur. Dans le cinquième rapport d'évaluation du GIEC [WGIIAR5, 2014] et sur la base de quatre hypothèses différentes concernant la quantification des gaz à effet

de serre qui seront émis dans les années à venir (période 2000-2100), chaque scénario RCP donne une variante jugée probable du climat qui résultera du niveau d'émissions choisi comme hypothèse de travail. Les quatre scénarios portent le nom de la plage de forçage radiatif ainsi obtenue pour l'année 2100 : le scénario RCP 2,6 correspond à un forçage de +2,6 W/m² (Watt par mètre carré), le scénario RCP 4,5 à + 4,5 W/m², et de même pour les scénarios RCP6 et RCP8.5. Plus cette valeur est élevée, plus le système terre-atmosphère gagne en énergie et se réchauffe. Ces scénarios, appelés SSP, sont présentés en fonction des efforts qui devront être faits en termes d'adaptation et d'atténuation si le monde s'oriente vers de tels scénarios. La dernière génération de CMIP, [Füßel and Klein, 2006] contient 31 groupes de modélisation.

4.2.2.2. Projections climatiques sur la pluviométrie et la température

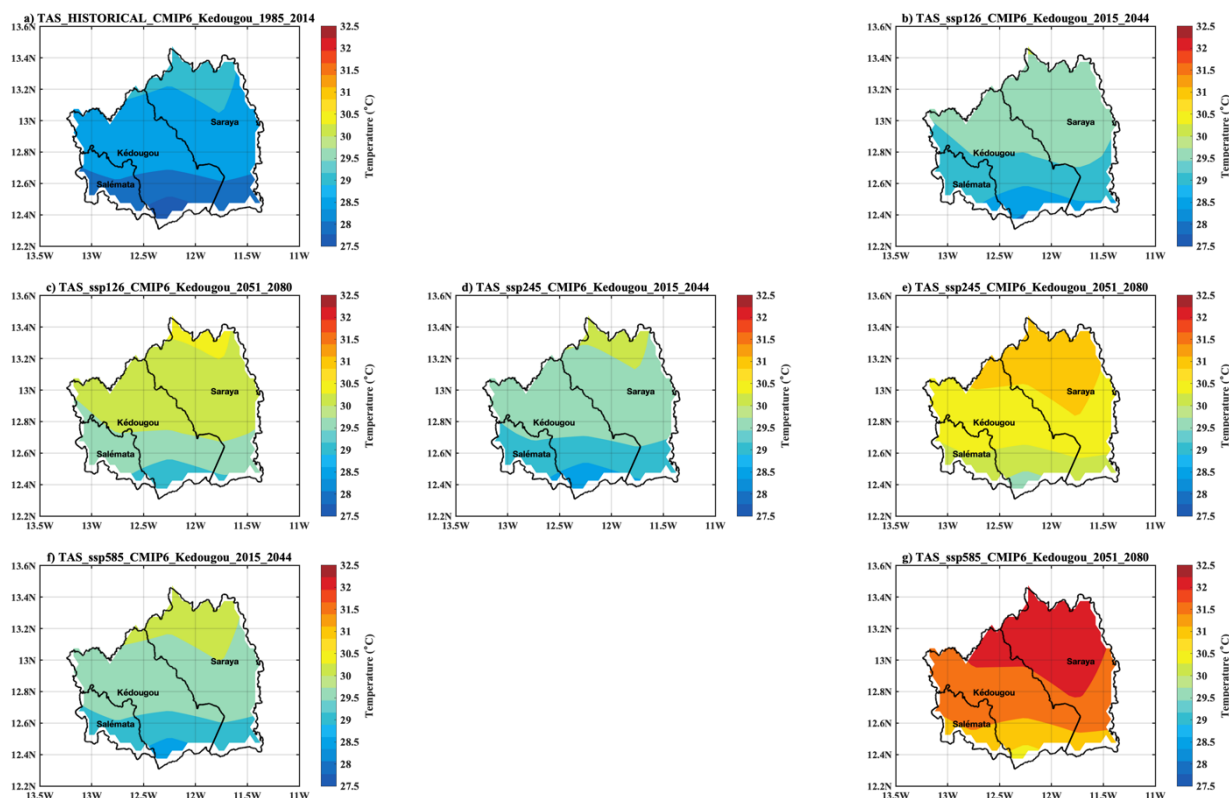
Il convient de regarder de plus près le cœur de la saison des pluies, à savoir les mois de juillet, août et septembre. À ce propos, à la Carte 2, la distribution spatiale des précipitations est représentée pour la période historique (1985-2014), et pour les scénarios SSP126, SSP245 et SSP585 pour la période de projection 2015-2044 et 2051-2080 (période commune des différents modèles utilisés pour la moyenne d'ensemble). Un gradient latitudinal est observé sur les cartes des précipitations. La région de Kédougou, affiche une légère remontée des isohyètes plus humides vers le centre dans le futur proche (2015-2044 ; cartes 2b, 2d et 2f correspondant respectivement aux scénarios SSP126, SSP245 et SSP585). Cependant, on note au nord une tendance à la baisse des précipitations dans le futur lointain (2051-2080 ; cartes 2c, 2e et 2g) par rapport au futur proche (2015-2044).



Carte 2 : Distribution spatiale des précipitations à Kédougou en juin-août-septembre pour a) la période historique (1985-2014), et b-g) projections pour le futur proche (2015-2044) et projections pour le futur lointain (2051-2080) pour les scénarios SSP12.6, SSP245, SSP585 des modèles d'ensemble des CMIP6.

Concernant les températures, Kédougou fait partie des régions les plus chaudes du Sénégal avec des températures variant entre 35 et 40 °C [ANSD/SRSD, 2018]. Ceci est perceptible à travers les cartes 3a à 3g qui mettent nettement en évidence le réchauffement climatique avec une augmentation du signal dans les projections comparées à l'historique. Les températures les plus élevées se situent généralement au nord de la région notamment dans la partie nord des

départements de Kédougou et Saraya. Une augmentation des températures est observée tant pour le futur proche que pour le plus loin. Le département de Salémata affiche les plus faibles valeurs de températures. Les scénarios (SSP245 et SSP585) montrent une forte augmentation des températures pour le futur lointain, avec des gammes de températures moyennes mensuelles qui vont dépasser 32 °C dans les départements de Kédougou et Saraya pour le scénario SSP585 et pour la période de projection 2051-2080 (Carte 3).



Carte 3 : Distribution spatiale des températures à Kédougou pour a) la période historique (1985-2014), et b-g) projections pour le futur proche (2015-2044) et projections pour le futur lointain (2051-2080) pour les scénarios SSP12.6, SSP245, SSP585 des modèles d'ensemble des CMIP6.

4.2.2.3. Analyse de la sensibilité future du secteur de la santé : modélisation de quelques maladies prioritaires de l'étude

Les changements climatiques sont une partie d'un tout composé de multiples changements environnementaux et socio-économiques. De même, les conséquences sanitaires éventuelles des changements climatiques sont multi-causales, et ne peuvent être convenablement interprétées qu'en les replaçant dans leur contexte (démographique, social, économique, etc.) [Leport and J.-F. Guégan, 2011].

En ce qui concerne les maladies à transmission vectorielle, de nombreux paramètres peuvent être affectés par les changements climatiques et ainsi modifier le risque de transmission. La modification de l'aire de répartition des vecteurs semble le plus évident, mais chaque composante d'un système vectoriel (hôte, pathogène, vecteur, réservoir) ainsi que leurs interactions peuvent s'en trouver impactées. La Figure 6 présente les éléments de la biologie du vecteur qui peuvent être impactés par des variables climatiques et donc par les changements climatiques.

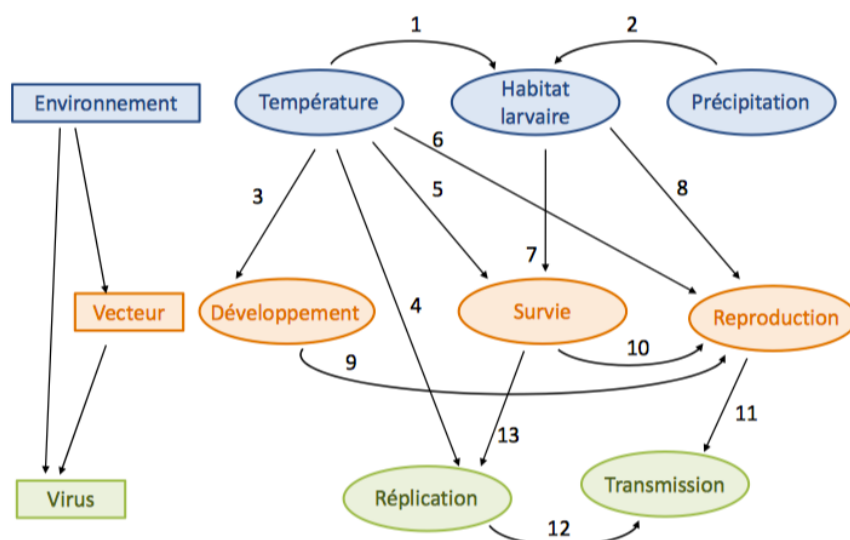


Figure 6 : Éléments de la biologie du vecteur pouvant être impactés par des variables climatiques

4.2.2.3.1. Modélisation de l'incidence du Paludisme au

Le paludisme est une maladie à transmission vectorielle et climato-sensible. Sa distribution peut être influencée par des facteurs climatiques notamment la température et les précipitations. Cette influence est notée à trois niveaux :

- Distribution et l'abondance des anophèles vecteurs ;
- Possibilité du succès du cycle sporogonique ;
- Puis modulation du contact homme-vecteur.

En effet les températures élevées sont favorables à la croissance rapide des moustiques et au raccourcissement du cycle de reproduction de l'agent pathogène plasmodium, alors que la pullulation des vecteurs moustiques dans les gîtes larvaires est modulée par les précipitations [Diouf, 2022]. Ce qui pourrait fortement influencer l'épidémiologie de la maladie.

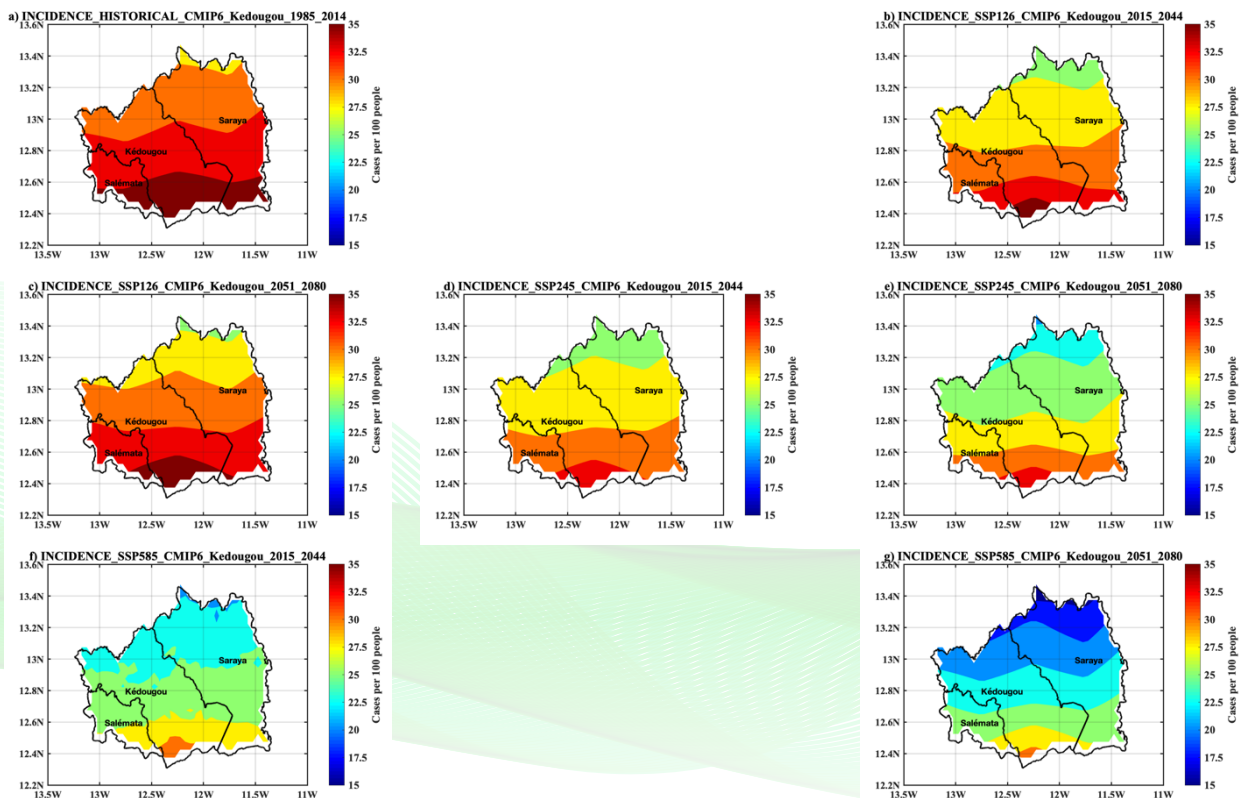
La Carte 4 montre que pour la variabilité spatiale, il existe une nette différence dans l'intensité du signal de l'incidence du paludisme entre les départements de la région de Kédougou. La région de Kédougou abrite des mares temporaires qui constituent à la fois le lieu d'abreuvement gratuit du bétail, l'aire de vie pour les populations (lessive, baignade etc.), des gîtes larvaires des vecteurs du paludisme et particulièrement une zone de contact par excellence entre hôtes et vecteurs. Les facteurs climatiques de Kédougou influencent largement l'épidémiologie de la maladie. En effet, avec une saison des pluies plus longue dans le sud et sud-est, il y'a une forte transmission du paludisme en Septembre-Octobre-Novembre. C'est ce qui fait que nous notons une forte présence de la maladie dans cette région géographique du Sénégal. En plus, la répartition spatiale de la population pourrait expliquer la disparité de l'épidémiologie du paludisme dans cette région. La plus grande partie de la population de Kédougou vit en milieu rural. Le gradient latitudinal de la répartition du paludisme est visible. Enfin, on peut noter une répartition hétérogène de l'incidence du paludisme dans la région avec une forte présence observée au sud de la région ; cette prévalence diminue plus si on remonte vers le nord particulièrement dans le département de Saraya.

En comparant les données historiques (Carte 4a et 4b-g), on constate que l'incidence simulée du paludisme diminue dans les projections comme on l'a trouvé au nord et au centre du Sénégal, et ce, même dans un futur proche (2015-2044), mais surtout dans un futur lointain (2050-2080), avec une ampleur de la décroissance plus importante avec les scénarios SSP245 et SSP585 (Carte 4d, 4e, 4g et 4h). Une telle diminution du paludisme dans un avenir lointain semble être associée aux changements climatiques . Ainsi, des températures trop chaudes pourraient avoir un impact négatif sur la survie des moustiques adultes en commençant à réduire la population de moustiques adultes dans le modèle et cela implique une diminution de la transmission du paludisme. Bégin et al. (2011)

[Gething et al., 2010] ont fait état d'un effet inverse des changements climatiques sur la répartition mondiale du paludisme, et ils montrent une diminution des comportements simulés de paludisme sur le Sahel quelle que soit la période et le scénario considérés qui sont liés à l'effet de la température.

En résumé, nous remarquons d'emblée que la région de Kédougou demeure la zone la plus touchée avec pas moins 15% d'incidence même pendant la période historique. Plusieurs facteurs environnementaux et sociaux peuvent expliquer cette forte incidence dans les régions du sud particulièrement celle de Kédougou :

- La végétation et les forêts dans ces zones offrent un habitat propice et une protection aux moustiques ;
- Les fortes pluies favorisent l'installation d'eaux stagnantes (mare, rizières, marécage). Ces eaux constituent un lieu de ponte pour les moustiques femelles ;
- Kédougou est une région possédant des frontières avec 2 pays limitrophes (République de Guinée et Mali). Cela fait de cette région une zone très fréquentée par les voyageurs et donc un lieu de prolifération des moustiques ;
- L'absence de structure de santé et de médicaments pour détecter et soigner efficacement les malades.



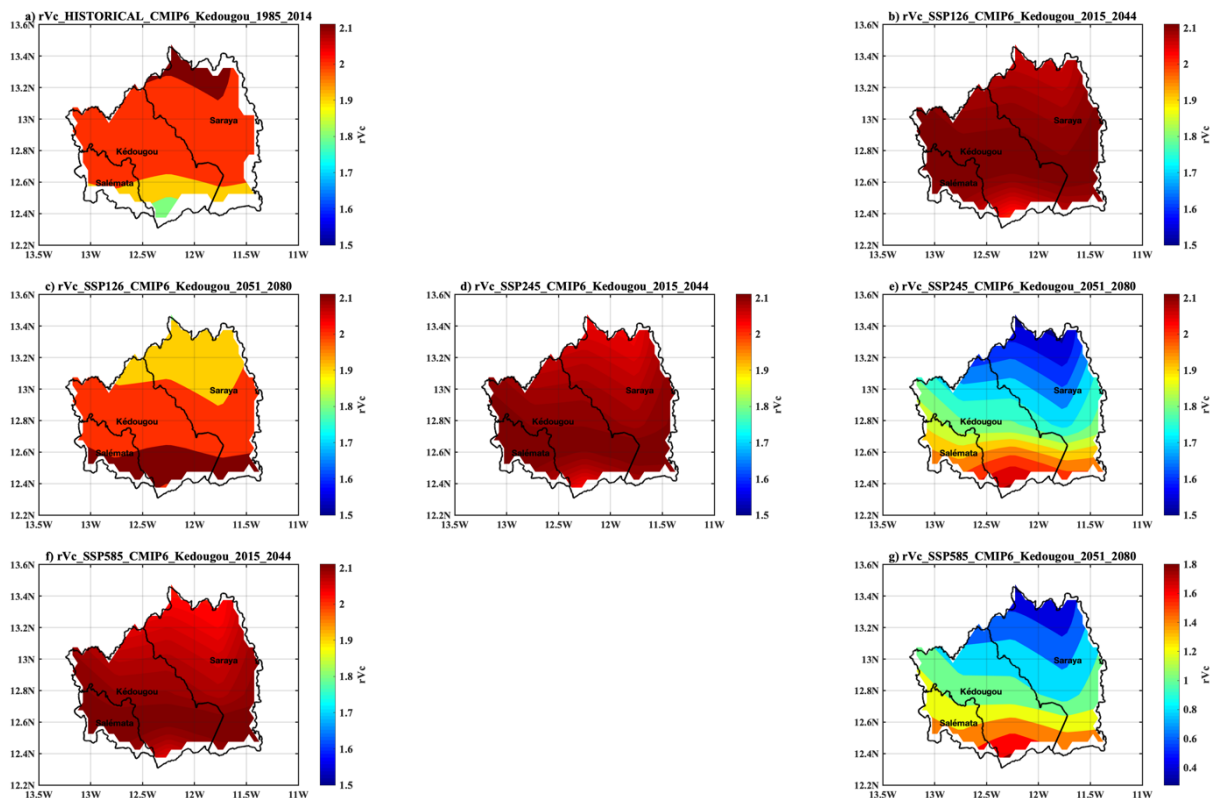
Carte 4 : Distribution spatiale de l'incidence du paludisme à Kédougou en juin-août-septembre pour a) la période historique (1985-2014), et b-g) projections pour le futur proche (2015-2044) et projections pour le futur lointain (2051-2080) pour les scénarios SSP12.6, SSP245, SSP585 des modèles d'ensemble des CMIP6

4.2.2.3.2. Modélisation de la capacité vectorielle d'*Aedes aegypti* : effets de la température sur la dengue à Kédougou

Pendant la période historique (2015-2044 ; carte 5a), l'indice d'occurrence de la dengue sous l'influence de la température sur le vecteur *Aedes aegypti* dans la région de Kédougou est plus ou moins homogène en général mais avec une plus forte concentration dans le département de Saraya (au Nord) ; toutes les valeurs de r_{Vc} tournent autour de 2 environ. Le signal intense du r_{Vv} serait la résultante de plusieurs facteurs. En effet, en dehors de son titre de plus grande ville du sud-est du Sénégal, Kédougou est aussi l'une des régions les plus pluvieuses du pays avec au

moins 1300 mm/an [<https://www.ansd.sn/ressources/ses/SES-Kedougou-2014.pdf>]. Tous ces éléments concourent à modifier la répartition géographique du vecteur ou de sa densité, à allonger la longévité du vecteur en cas d'augmentation parallèle de l'humidité, à raccourcir la durée d'incubation extrinsèque ou encore à modifier les modalités d'une éventuelle transmission verticale [https://www.cairn-int.info/article-E_NSS_234_0331--dengue-a-complex-disease.htm].

Dans le futur proche (2015-2044), on note une forte augmentation de l'exposition à la dengue par rapport à la période historique (Carte 5a vs carte 5b, 5d et 5f). Comme on l'a constaté précédemment avec une autre maladie à transmission vectorielle comme le paludisme, en comparant les cartes 5b, 5d 5f (futur proche) et les cartes 5c, 5e et 5g (futur lointain) relatives aux projections de la dengue montrent un effet opposé des changements climatiques sur la distribution future de la dengue au nord de Saraya. On note un déplacement du signal fort de l'indice rVc de l'est vers le sud dans les projections. Autrement dit, dans les projections, on constate que plus on se déplace vers le sud, plus la capacité vectorielle de *aedes aegypti* est élevée. Par exemple, la Carte 5 (scénario extrême SSP585) montre une diminution drastique de l'indice simulé (rVc) de la dengue au nord du département de Saraya où les gammes de températures seraient deviendrait trop chaudes et défavorables aux vecteurs moustiques. On observe également une baisse mais dans une moindre mesure avec les scénarios optimiste (SSP126) et intermédiaire (SSP245). Ce résultat sur la réduction future de la dengue dans certaines dans les départements de Kédougou serait lié à un effet de température extrêmement chaude. Ainsi, des températures trop chaudes pourraient avoir un impact sur le schéma de survie des moustiques adultes commençant à tuer de nombreux moustiques adultes dans les modèles d'impact et cela implique une diminution de la transmission de certaines maladies à transmission vectorielle telles que le paludisme et la dengue. Cependant, les cartes 5g montrent que la dengue devrait se maintenir dans le sud du département de la région.



Carte 5 : Distribution spatiale de la rVc (capacité vectorielle relative) à Kédougou la période historique (1985-2014), et b-g) projections pour le futur proche (2015-2044) et projections pour le futur lointain (2051-2080) pour les scénarios SSP12.6, SSP245, SSP585 des modèles d'ensemble des CMIP6.

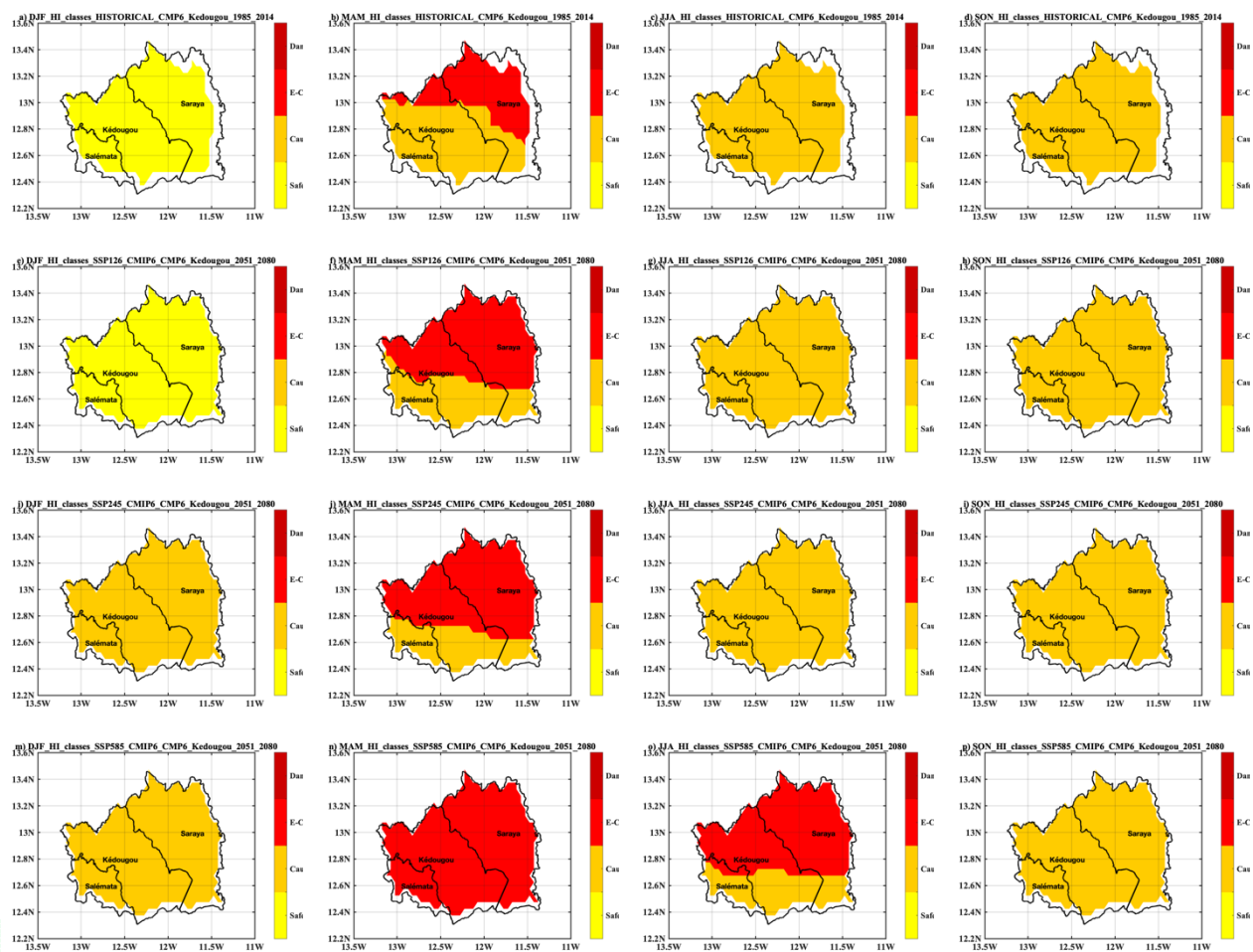
4.2.2.3.3. Analyse statistique pour les maladies non transmissibles sensibles aux vagues de chaleur : Variabilité spatio-temporelle de l'indice de confort à Kédougou

Sur la carte 6, des catégories d'indice de confort (CI pour Comfort Index and anglais) ou stress thermique sont représentées en utilisant des données de températures et d'humidité de la moyenne d'ensemble des données CMIP6 pour calculer l'indice de chaleur avant d'en déduire ces catégories d'indice de confort. Les CI pour les quatre saisons, c'est-à-dire décembre-janvier (DJF), mars-mai (MAM), juin-août (JJA) et septembre-novembre (SON) sont représentés de la 1^{ère} colonne à la 4^{ème} colonne.

Sur la 1^{ère} colonne (Carte 6a, 6e, 6i et 6m) correspondante à la saison DJF, on note que pour toute la région de Kédougou, des conditions sans danger sont observées pour la période historique mais aussi pour le scénario SSP126 (carte 6a et 6e). Pour les scénarios SSP245 et SSP585, on observe des conditions d'inconfort mais sans danger sur l'ensemble de la région (Carte 6i et 6m). Sur la 2^{ème} colonne (MAM), la catégorie d'extrême inconfort voire danger y prévaut sur les parties nord et centre de la région de Kédougou (cartes 6b, 6f, 6j), et sur l'ensemble de la région (Carte 6).

La zone d'inconfort avec prudence s'étend sur la région pendant la saison MAM pour la période historique, alors que dans les projections, la moitié nord se trouve sous des conditions d'extrême prudence voire danger pour les scénarios SSP126 et SSP245 et l'ensemble de la région se retrouverait dans des conditions danger pour le scénario SSP585 (Carte 6).

Au cours de la saison JJA (Carte 6c, 6g, 6k et 6o), des conditions inconfort (prudence) sont observées pour la période historique et dans les projections pour les scénarios SSP245 et SSP126. Pour le scénario SSP585, les conditions d'inconfort avec danger s'étendent sur tous les trois départements de la région. Des conditions assez similaires à celles de la saison JJA sont observées sur la région pendant la saison SON (Carte 6d, 6h, 6l et 6p), mais avec des conditions d'inconfort avec prudence partout.



Carte 6 : Distribution spatiale de classes d'indice de confort saisonnier (IC) à 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



4.3. Secteur des inondations

4.3.1. Vulnérabilité actuelle

4.3.1.1. Causes des inondations

Le Tableau 15 ci-dessous expose les causes des inondations selon les localités dans la région de Kédougou.

Tableau 15 : Causes des inondations selon les localités dans la région de Kédougou

Localités	Causes	Observations
Commune de Kédougou	Fortes pluies, urbanisation de zones non assainies	Inondations, route bitumée ponts détruits, isolation
Commune de Saraya	Fortes pluies, absence de systèmes d'assainissement	Débordement des cours d'eau Érosion (inondations de 2017 à travers la presse)
Quartiers de Gomba, Dalaba et Mosquée dans la Commune de Kédougou	Fortes pluies/ En effet, la route est en train d'être faite sans système d'évacuation des eaux pluviales, ce qui serait à l'origine de l'inondation des maisons situées au bord de la route	Plusieurs concessions inondées par les eaux
Ndiormi dans la Commune de Kédougou	Des fortes pluies	Le pont allahi wahidoune détruit
Village de Kenioto Peul	Eaux stagnantes, absence de ruissellement des eaux	Voiture tombée dans les eaux boueuses
Bandafassi, Syllacounda dans la Commune de Kédougou	Fortes pluies	Accès difficile ; difficulté pour évacuer des malades, pour s'approvisionner en nourriture, risque sanitaire
Sabadola, Commune de Saraya	Fortes pluies, Orages	Des pans entiers de mur en construction s'effondrent
Dindéfelo, Commune de Kédougou	Fortes pluies	Absence totale de système d'évacuation des eaux pluviales
Marigot de Sincountou	Fortes pluies, courant des eaux	Véhicule 4X4 englouti par la furie des eaux de pluie

4.3.1.2. Impacts des inondations

Les inondations dans la région de Kédougou ont, des conséquences assez diversifiées sur le milieu et leurs occupants. Ces conséquences concernent l'impraticabilité des routes et pistes, la destruction de ponts et habitations, la vulnérabilité des ménages, la perte en vies humaines...

4.3.1.2.1. Impacts liés aux fortes pluies et aux crues

- Les contraintes climatiques identifiées sont les fortes pluies qui n'agissent pas directement sur les inondations mais qui alimentent surtout les cours d'eaux et influencent les comportements de ces derniers. En effet, ce sont surtout les crues des cours d'eau qui provoquent les débordements et sont à l'origine des inondations à Kédougou.
- La combinaison des fortes pluies et des crues des cours d'eau, pendant au moins 2 mois (août et septembre), impacte tous les villages situés sur les berges du fleuve Gambie (Mako, Kédougou, Samecouta, Baililaye, Sounthiou Roudii, Soucouta).
- Les conséquences biophysiques sont les inondations des champs, la dégradation des cultures, des productions, des spéculations. Au plan socio-économique, on note la baisse des récoltes et des revenus et la vulnérabilité sanitaire, sociale et économique des ménages.

4.3.1.2.2. Impacts des contraintes liées aux reliefs accidentés

- Le caractère accidenté du relief de Kédougou, faisant alterner collines, de plateaux et vallées, sont à l'origine, pendant 6 six mois, du ruissellement des eaux. Les zones impactées sont toutes les communes de la région de Kédougou.
- Au niveau biophysique, les conséquences sont l'érosion hydrique qui lessive des sols, la dégradation des sols, l'ensablement des ouvrages de franchissement, dégradation et rupture de routes.
- Les impacts socio-économiques sont la baisse des rendements, la réduction de la mobilité, des activités économiques, la vulnérabilité sanitaire, sociale et économique.

4.3.1.2.3. Impacts des contraintes liées aux sols latéritiques

- Le sol latéritique, durant 06 mois, à cause du peu de son imperméabilité à l'eau, va favoriser l'humidité des sols et du couvert végétal dans toutes les communes de la région de Kédougou et, par conséquent, une faible production des nappes phréatiques.
- Au plan socio-économique, on note une baisse voire une raréfaction d'eau potable, dégradation des conditions de vie, prolifération de maladies hydriques humaines, vulnérabilité sanitaire, sociale et économique.

4.3.1.2.4. Impacts des contraintes liées au sous-dimensionnement des ouvrages de franchissement

- Le sous-dimensionnement des ouvrages est à l'origine, durant 6 mois (juin-novembre) à cause de l'étroitesse des ouvrages de franchissement, des inondations dans les villages attenants aux ouvrages de franchissement des départements de Kédougou, de Salemata et de Saraya.
- Au plan biophysique, on assiste à un ensablement et à la dégradation des ouvrages de franchissement, la rupture de routes, de pistes.
- Les impacts socio-économiques sont la réduction de la mobilité, la baisse des activités économiques et des rendements, la perte de revenus, la vulnérabilité sanitaire, sociale et économique des ménages et entrepreneurs économiques.

4.3.1.2.5. Impacts des contraintes liées à la déforestation

- La déforestation est l'une des actions anthropiques qui peut durablement porter préjudice à la biodiversité et à la richesse des écosystèmes fauniques et floristiques au regard du potentiel symbolisé par le parc national Niokoloko-Koba de la région de Kédougou. On observe des actions de déforestation qui aggravent les inondations dans la région de Kédougou.
- L'impact lié à la contrainte de la déforestation, durant six (06) mois, est noté dans les villages et communes situés dans les berges du fleuve Gambie. Il s'agit des localités de Mako, de Kédougou, de Samecoute, de Baililaye, de Sinthiou Roudji, de Soukouta et toutes les autres communes de la région.
- Au plan biophysique, les conséquences engendrées sont l'érosion hydrique et éolienne qui dégrade le couvert végétal, lessive le sol, la destruction des écosystèmes faunique et floristique, la diminution de l'absorption du CO₂ due à la disparition progressive du couvert végétal, à la perturbation du cycle et des lieux de reproduction des espèces halieutiques, animales, fauniques et floristiques, à la baisse de la biodiversité, des écosystèmes, à la diminution des productions halieutiques, à la baisse des mises à terre, à la baisse du couvert végétal de la région de Kédougou, à la baisse de la pluviométrie.
- Au plan socio-économique, les impacts portent sur la réduction de la mobilité, la baisse des activités économiques, la baisse des rendements, la vulnérabilité sanitaire, sociale et économique des ménages et acteurs économiques de la région.

4.3.1.2.6. Impacts des contraintes liées à l'occupation des zones non aedificandi

- L'occupation des zones non aedificandi contribue, pendant deux (02) mois (août à septembre) à l'aggravation des inondations dans les sites d'orpaillage, les villages et communes situés sur les berges du fleuve Gambie fleuve (Mako, Kédougou, Samecoute, Baililaye, Sounthiou Roudii, Soukouta, Thiokoye, Diahra, Samba Ngar, Kérévane ...).

- Les conséquences, au plan biophysique, sont la dégradation de la biodiversité, des écosystèmes fauniques et floristiques le long des berges du fleuve Gambie, les inondations des concessions, la dégradation et l'insalubrité de l'environnement, le développement de microbes et larves dans les sites (dépotoirs, mares) inondés.
- Les impacts socio-économiques sont les dommages matériels et les pertes de biens, le développement de maladies hydriques humaines et animales, la vulnérabilité sanitaire, sociale et économique.

4.3.1.2.7. Impacts des contraintes liées à la non réhabilitation des carrières

- Les carrières (d'une durée de 1 à 5 ans maximum) occasionnent des inondations des zones (carrières) non réhabilitées. L'impact des inondations occasionnées dans les carrières non réhabilitées s'observent dans les sites d'orpaillage (Tomboronkoto, Sili, Salemata, Saraya) et dans les sites d'emprunt, dans les sites d'exploitation semi-mécanisée.
- Les conséquences, au plan biophysique, la dégradation de l'environnement, l'insécurité des personnes et des biens, la pollution des nappes phréatiques, des cours d'eau par les substances chimiques (cyanure, mercure, acide ...), l'aggravation de la déforestation, la baisse de la biodiversité, des écosystèmes de la faune et de la flore, la perturbation du cycle et des lieux de reproduction des espèces fauniques, floristiques, des espèces halieutiques, la baisse de la reproduction des espèces.
- Au plan socio-économique, l'impact est sans nul doute la baisse des activités économiques, la baisse de la production agricole, des rendements, la baisse des mises à terre, le développement de maladies liées aux produits chimiques, la pollution des cours d'eau, la vulnérabilité sanitaire, sociale et économique des ménages et acteurs économiques.

4.3.1.2.8. Impacts des contraintes liées à l'absence d'un réseau d'assainissement

- L'impact de la contrainte liée à l'absence de réseau d'assainissement, pendant six (06) mois, est l'aggravation des inondations dans toutes les communes de la région de Kédougou.
- Au plan biophysique, les conséquences occasionnées sont la stagnation d'eaux, de favoriser l'insalubrité et les sources de vecteur et de développement de larves, la dégradation et l'ensablement de routes, de pistes, la rupture de routes.
- L'impact au plan socio-économique est constitué de dommages matériels, la perturbation du réseau de transport, la dégradation du cadre de vie, au développement de maladies hydriques humaines et animales, la vulnérabilité sanitaire, sociale et économique des ménages et acteurs économiques.

4.3.2. Vulnérabilité future

4.3.2.1. Facteurs de la vulnérabilité et projections

4.3.2.1.1. Précipitations annuelles

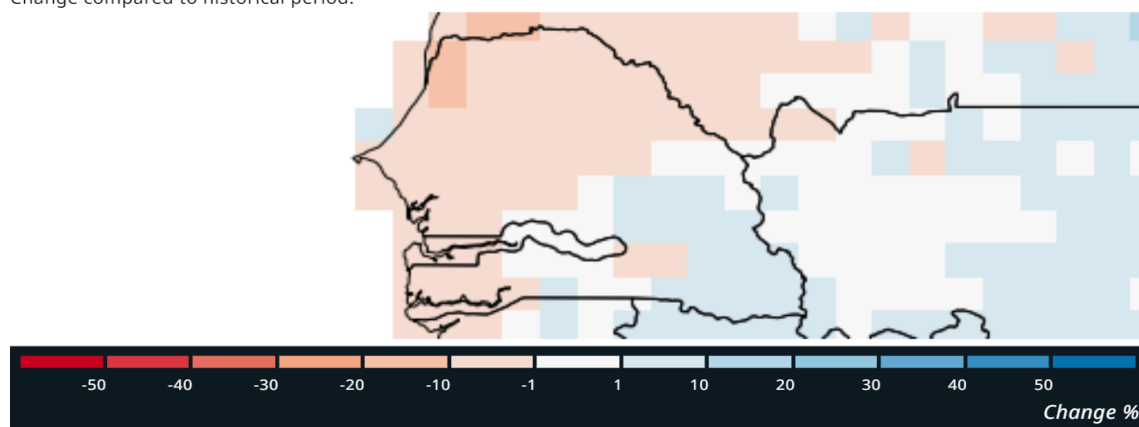
Calculé comme les valeurs annuelles moyennes des précipitations quotidiennes moyennées sur une période de 30 ans. Cet indice est donné en évolution relative ($100 \times (\text{période future} - \text{période de référence}) / \text{période de référence}$).

- **Description de l'indicateur précipitation (moyenne annuelle) (RCP 4.5) 2011-2040**

Pour la période 2011-2040 par rapport à 1981-2010 (RCP 4.5), le changement médian est de 3,4% (moyenne d'ensemble) soit 50% des membres de l'ensemble (intervalle interquartile) conviennent que le changement se situe entre 0,0036% et 7,3%.

Precipitation (annual mean) for Senegal

Change compared to historical period.



Indicator: Precipitation (annual mean), Time period: 2011–2040, Historical period: 1981–2010, Model: CORDEX Africa Ensemble Mean, Model results for Senegal.

Reference: <https://climateinformation.org> (date: 2023-03-22)

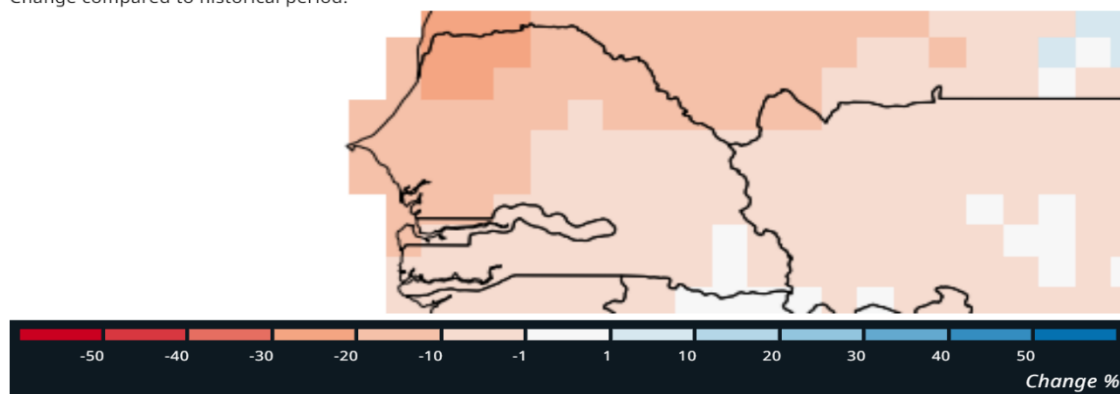
Carte 7 : Indicateur précipitation (moyenne annuelle) (RCP 4.5) 2011-2040

- **Description de l'indicateur précipitation (moyenne annuelle) (RCP 4.5) 2041-2070**

Pour la période 2041-2070 par rapport à 1981-2010 (RCP 4.5). La variation médiane est de -0,71% (moyenne d'ensemble) soit 50% des membres de l'ensemble (intervalle interquartile) conviennent que la variation se situe entre -5,7% et 8,5%.

Precipitation (annual mean) for Senegal

Change compared to historical period.



Indicator: Precipitation (annual mean), Time period: 2041–2070, Historical period: 1981–2010, Model: CORDEX Africa Ensemble Mean, Model results for Senegal.

Reference: <https://climateinformation.org> (date: 2023-03-22)

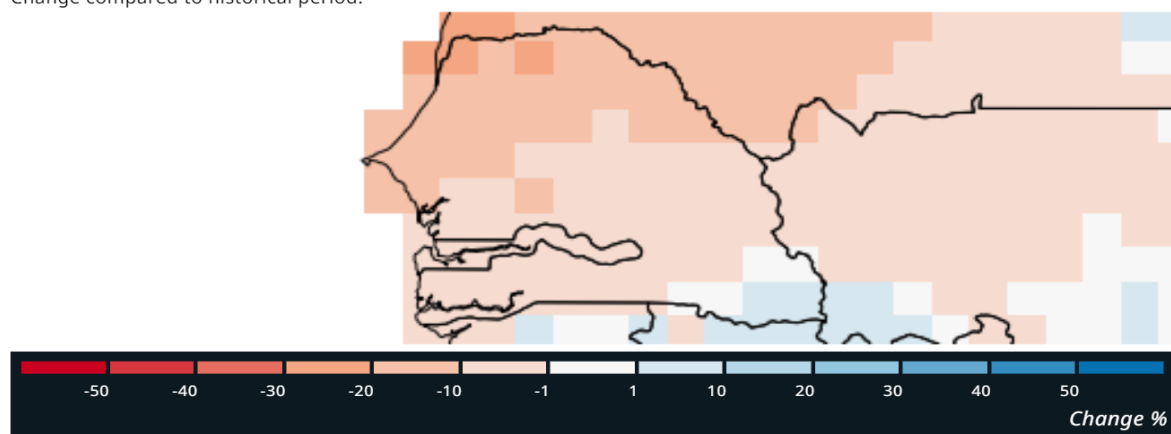
Carte 8 : Indicateur précipitation (moyenne annuelle) (RCP 4.5) 2041-2070

- **Description de l'indicateur précipitation (moyenne annuelle) (RCP 4.5) 2071-2100**

Pour la période 2071-2100 par rapport à 1981-2010 (RCP 4.5), le changement médian est de 1,6% (moyenne d'ensemble) soit 50% des membres de l'ensemble (intervalle interquartile) s'accordent à dire que la variation se situe entre -5% et 8,6%.

Precipitation (annual mean) for Senegal

Change compared to historical period.



Indicator: Precipitation (annual mean), Time period: 2071–2100, Historical period: 1981–2010, Model: CORDEX Africa Ensemble Mean, Model results for Senegal.

Reference: <https://climateinformation.org> (date: 2023-03-22)

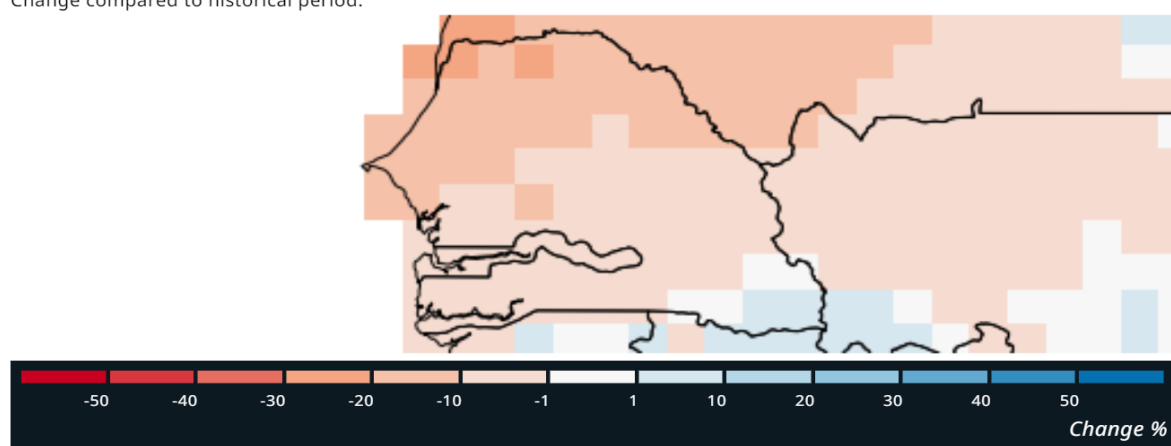
Carte 9 : Indicateur précipitation (moyenne annuelle) (RCP 4.5) 2071-2100

- **Description de l'indicateur précipitation (moyenne annuelle) (RCP 8.5) 2011-2040**

Pour la période 2071-2100 par rapport à 1981-2010 (RCP 4.5) le changement médian est de 1,6% (moyenne d'ensemble) soit 50% des membres de l'ensemble (intervalle interquartile) s'accordent à dire que la variation se situe entre -5% et 8,6%.

Precipitation (annual mean) for Senegal

Change compared to historical period.



Indicator: Precipitation (annual mean), Time period: 2071–2100, Historical period: 1981–2010, Model: CORDEX Africa Ensemble Mean, Model results for Senegal.

Reference: <https://climateinformation.org> (date: 2023-03-22)

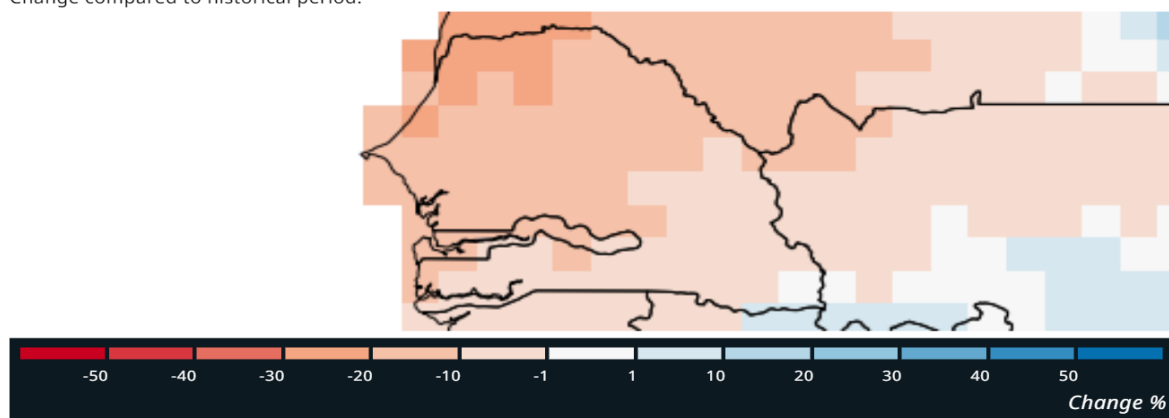
Carte 10 : Indicateur précipitation (moyenne annuelle) (RCP 8.5) 2011-2040

- **Description de l'indicateur précipitation (moyenne annuelle) (RCP 8.5) 2041-2070**

Pour la période 2041-2070 par rapport à 1981-2010 (RCP 8.5), la variation médiane est de -1,6% (moyenne d'ensemble) soit 50% des membres de l'ensemble (intervalle interquartile) conviennent que le changement se situe entre -10% et 12%.

Precipitation (annual mean) for Senegal

Change compared to historical period.



Indicator: Precipitation (annual mean), Time period: 2041-2070, Historical period: 1981-2010, Model: CORDEX Africa Ensemble Mean, Model results for Senegal.

Reference: <https://climateinformation.org> (date: 2023-03-22)

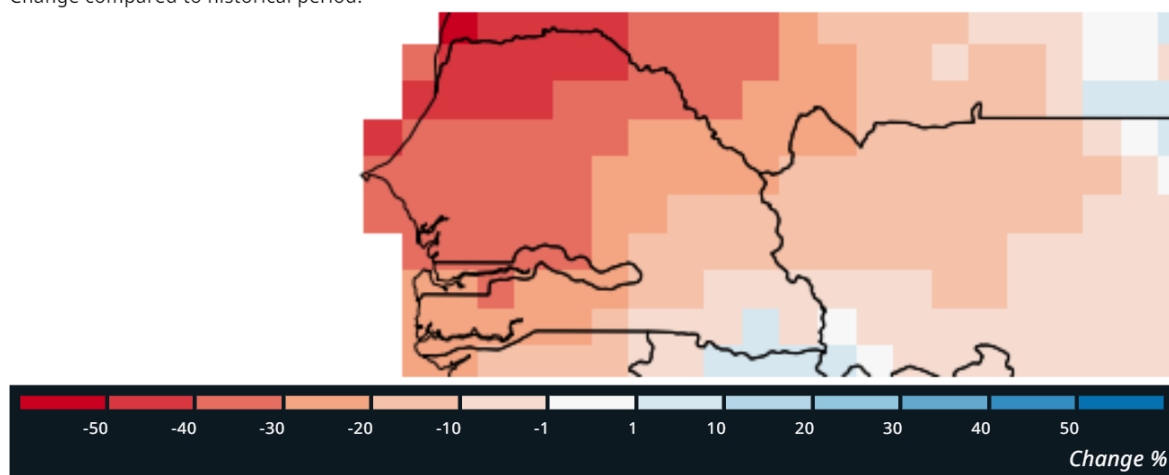
Carte 11 : Indicateur précipitation (moyenne annuelle) (RCP 8.5) 2041-2070

- **Description de l'indicateur précipitation (moyenne annuelle) (RCP 8.5) 2071-2100**

Pour la période 2071-2100 par rapport à 1981-2010 (RCP 8.5) Le changement médian est de 1,5% (moyenne d'ensemble) soit 50% des membres de l'ensemble (intervalle interquartile) conviennent que la variation se situe entre -22% et 7,7%.

Precipitation (annual mean) for Senegal

Change compared to historical period.



Indicator: Precipitation (annual mean), Time period: 2071-2100, Historical period: 1981-2010, Model: CORDEX Africa Ensemble Mean, Model results for Senegal.

Reference: <https://climateinformation.org> (date: 2023-03-22)

Carte 12 : Indicateur précipitation (moyenne annuelle) (RCP 8.5) 2071-2100

4.3.2.1.2. Ruissellements annuels

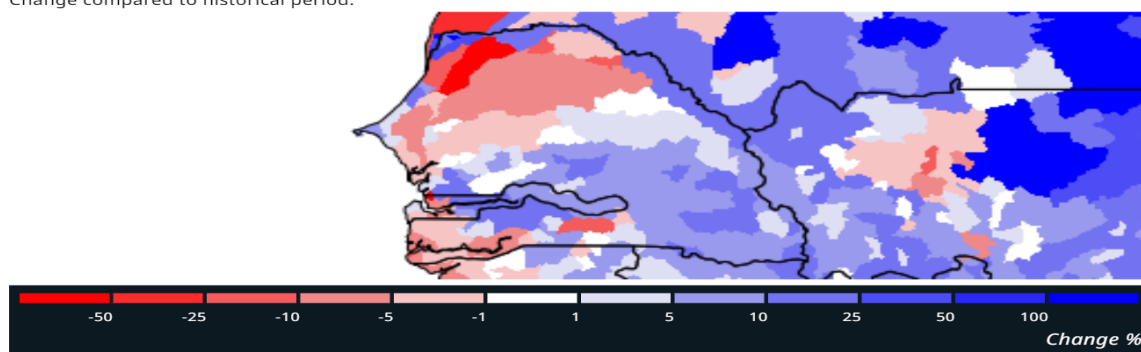
Calculé comme les valeurs moyennes du ruissellement quotidien de l'eau sur une période de 30 ans. Cet indice est donné en évolution relative ($100 \times (\text{période future} - \text{période de référence}) / \text{période de référence}$).

- **Description de l'indicateur ruissellement (moyenne annuelle) (RCP 4.5) 2011-2040**

Pour la période 2011-2040 par rapport à 1981-2010 (RCP 4.5), le changement médian est de 7% (moyenne d'ensemble) soit 50% des membres de l'ensemble (intervalle interquartile) conviennent que le changement se situe entre 2% et 19%.

Water discharge (annual mean) for Senegal

Change compared to historical period.



Indicator: Water discharge (annual mean), Time period: 2011–2040, Historical period: 1981–2010, Model: CORDEX Africa - WWHYPE Ensemble Mean, Model results for Senegal.

Reference: <https://climateinformation.org> (date: 2023-03-22)

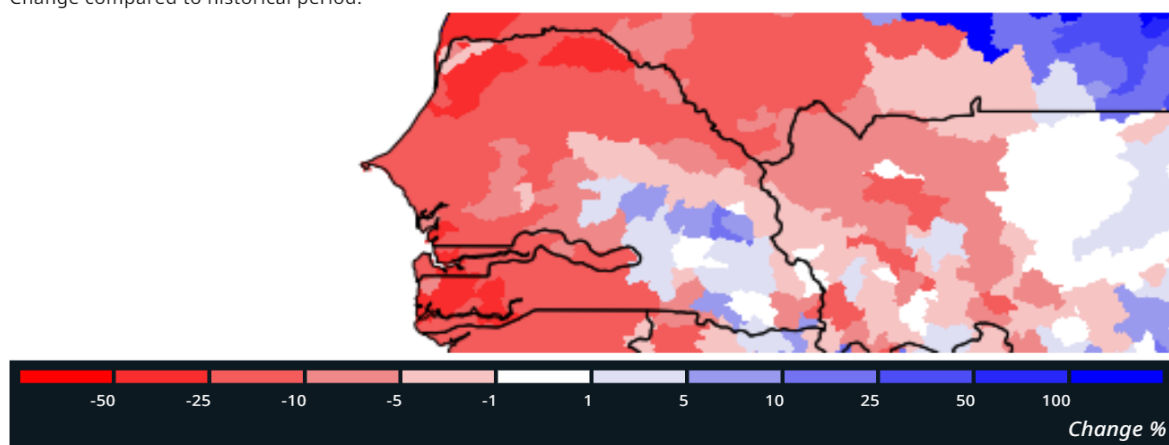
Carte 13 : Indicateur ruissellement (moyenne annuelle) (RCP 4.5) 2011-2040

- **Description de l'indicateur ruissellement (moyenne annuelle) (RCP 4.5) 2041-2070**

Pour la période 2041-2070 par rapport à 1981-2010 (RCP 4.5). Le changement médian est de 0,51% (moyenne d'ensemble) 50% des membres de l'ensemble (intervalle interquartile) conviennent que le changement se situe entre -18% et 42%.

Water runoff (annual mean) for Senegal

Change compared to historical period.



Indicator: Water runoff (annual mean), Time period: 2041–2070, Historical period: 1981–2010, Model: CORDEX Africa - WWHYPE Ensemble Mean, Model results for Senegal.

Reference: <https://climateinformation.org> (date: 2023-03-22)

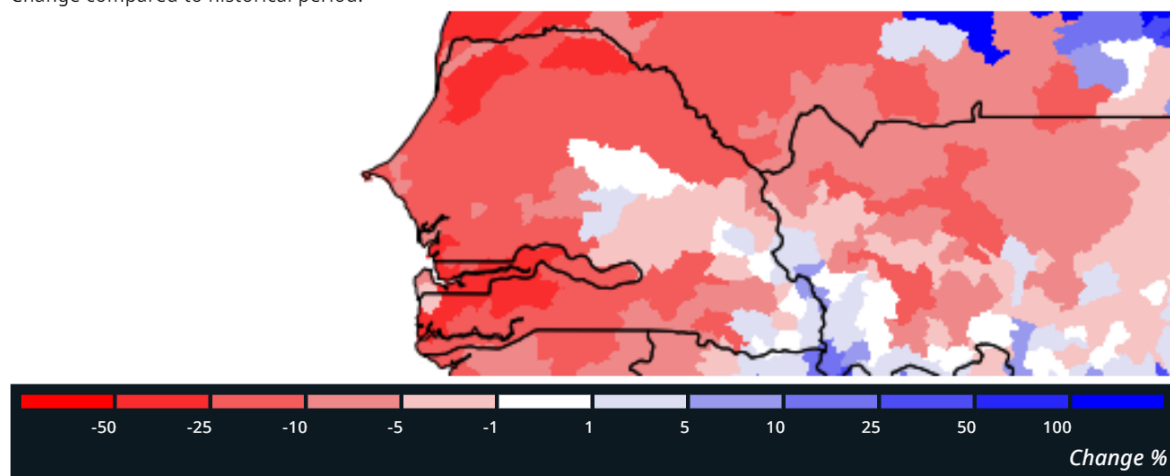
Carte 14 : Indicateur ruissellement (moyenne annuelle) (RCP 4.5) 2041-2070

- **Description de l'indicateur ruissellement (moyenne annuelle) (RCP 4.5) 2071-2100**

Pour la période 2071-2100 par rapport à 1981-2010 (RCP 4.5) la variation médiane est de 1,2% (moyenne d'ensemble) soit 50% des membres de l'ensemble (intervalle interquartile) conviennent que le changement se situe entre -15% et 44%.

Water runoff (annual mean) for Senegal

Change compared to historical period.



Indicator: Water runoff (annual mean), Time period: 2071-2100, Historical period: 1981-2010, Model: CORDEX Africa - WWHYPE Ensemble Mean, Model results for Senegal.

Reference: <https://climateinformation.org> (date: 2023-03-22)

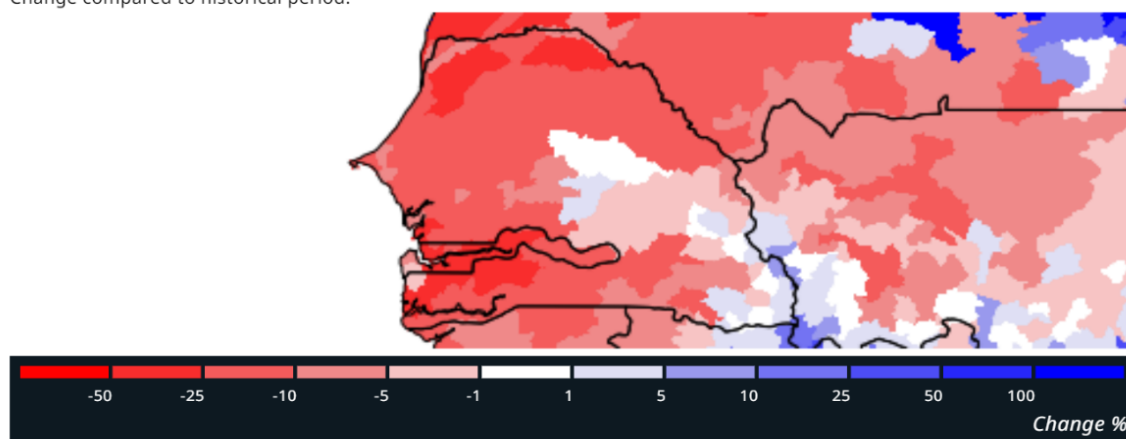
Carte 15 : Indicateur ruissellement (moyenne annuelle) (RCP 4.5) 2071-2100

- **Description de l'indicateur Ruissellement (moyenne annuelle) (RCP 8.5) 2011-2040**

Pour la période 2071-2100 par rapport à 1981-2010 (RCP 4.5). La variation médiane est de 1,2% (moyenne d'ensemble) soit 50% des membres de l'ensemble (intervalle interquartile) conviennent que le changement se situe entre -15% et 44%.

Water runoff (annual mean) for Senegal

Change compared to historical period.



Indicator: Water runoff (annual mean), Time period: 2071-2100, Historical period: 1981-2010, Model: CORDEX Africa - WWHYPE Ensemble Mean, Model results for Senegal.

Reference: <https://climateinformation.org> (date: 2023-03-22)

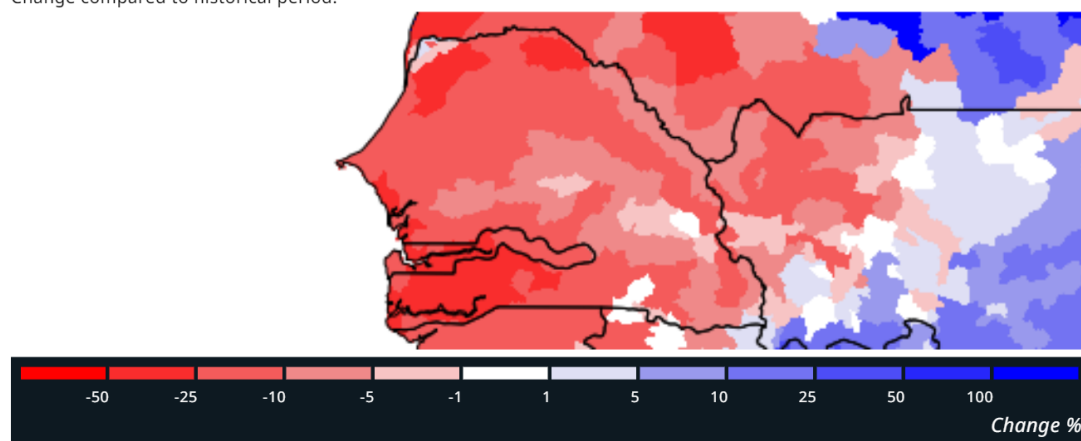
Carte 16 : Indicateur Ruissellement (moyenne annuelle) (RCP 8.5) 2011-2040

- **Description de l'indicateur Ruissellement (moyenne annuelle) (RCP 8.5) 2041-2070**

Pour la période 2041-2070 par rapport à 1981-2010 (RCP 8.5) La variation médiane est de -7,3% (moyenne d'ensemble) soit 50% des membres de l'ensemble (intervalle interquartile) conviennent que le changement se situe entre -39% et 59%.

Water runoff (annual mean) for Senegal

Change compared to historical period.



Indicator: Water runoff (annual mean), Time period: 2041–2070, Historical period: 1981–2010, Model: CORDEX Africa - WWHYPE Ensemble Mean, Model results for Senegal.

Reference: <https://climateinformation.org> (date: 2023-03-22)

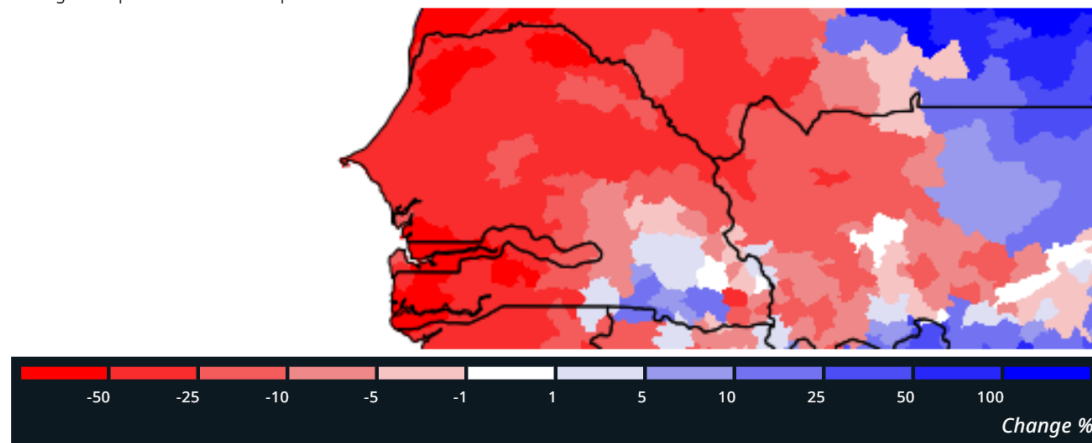
Carte 17 : Indicateur Ruissellement (moyenne annuelle) (RCP 8.5) 2041-2070

- **Description de l'indicateur Ruissellement (moyenne annuelle) (RCP 8.5) 2071-2100**

Pour la période 2071-2100 par rapport à 1981-2010 (RCP 8.5) le changement médian est de 14% (moyenne d'ensemble) 50% des membres de l'ensemble (intervalle interquartile) conviennent que le changement se situe entre -58% et 35%.

Water runoff (annual mean) for Senegal

Change compared to historical period.



Indicator: Water runoff (annual mean), Time period: 2071–2100, Historical period: 1981–2010, Model: CORDEX Africa - WWHYPE Ensemble Mean, Model results for Senegal.

Reference: <https://climateinformation.org> (date: 2023-03-22)

Carte 18 : Indicateur Ruissellement (moyenne annuelle) (RCP 8.5) 2071-2100

4.3.2.1.3 Débits annuels

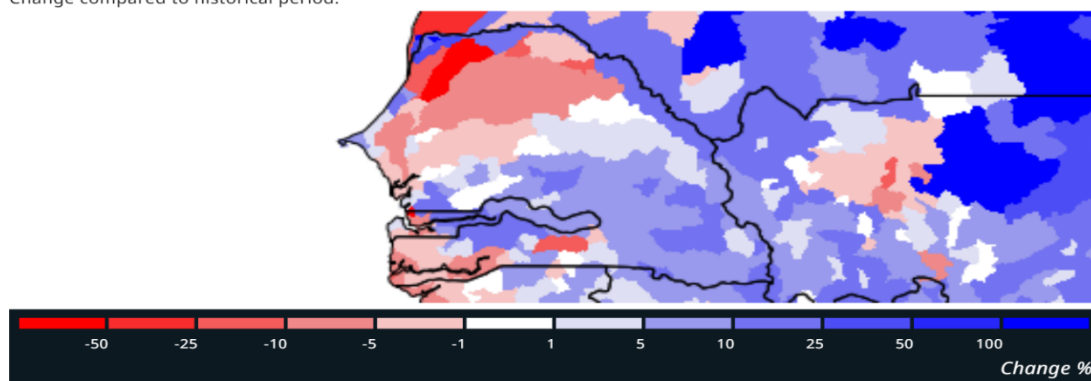
L'indice débit d'eau est calculé comme les valeurs moyennes du débit d'eau quotidien pendant une période de 30 ans. Cet indice est donné en évolution relative ($100 \times (\text{période future} - \text{période de référence}) / \text{période de référence}$). Comme pour les autres indices, la valeur d'ensemble médiane est donnée, calculée sur les modèles répertoriés dans l'attribut de modèle.

- **Description de l'indicateur Débit d'eau (moyenne annuelle) (RCP 4.5) 2011-2040**

Pour la période 2011-2040 par rapport à 1981-2010 (RCP 4.5) le changement médian est de 7% (moyenne d'ensemble) soit 50% des membres de l'ensemble (intervalle interquartile) conviennent que le changement se situe entre 2% et 19%.

Water discharge (annual mean) for Senegal

Change compared to historical period.



Indicator: Water discharge (annual mean), Time period: 2011-2040, Historical period: 1981-2010, Model: CORDEX Africa - WWHYPE Ensemble Mean, Model results for Senegal.

Reference: <https://climateinformation.org> (date: 2023-03-22)

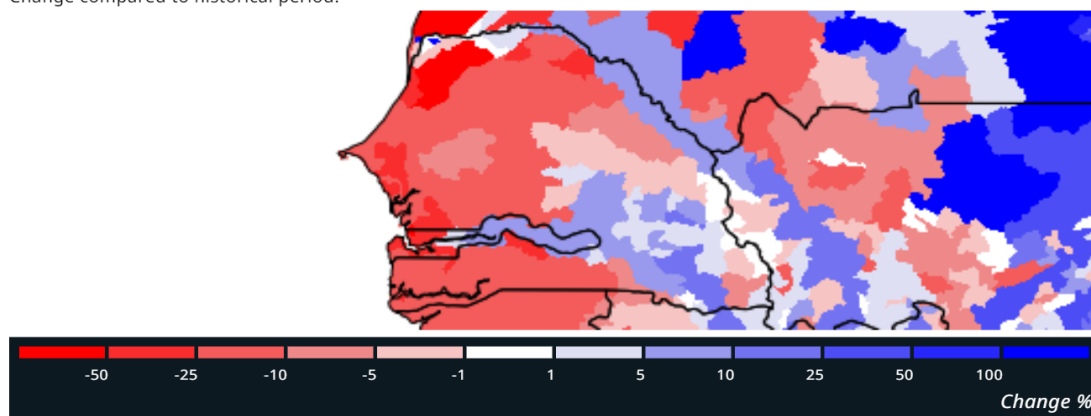
Carte 19 : Indicateur Débit d'eau (moyenne annuelle) (RCP 4.5) 2011-2040

- **Description de l'indicateur Débit d'eau (moyenne annuelle) (RCP 4.5) 2041-2070**

Pour la période 2041-2070 par rapport à 1981-2010 (RCP 4.5), le changement médian est de 12% (moyenne d'ensemble) soit 50% des membres de l'ensemble (intervalle interquartile) conviennent que la variation se situe entre -4,2% et 19%.

Water discharge (annual mean) for Senegal

Change compared to historical period.



Indicator: Water discharge (annual mean), Time period: 2041-2070, Historical period: 1981-2010, Model: CORDEX Africa - WWHYPE Ensemble Mean, Model results for Senegal.

Reference: <https://climateinformation.org> (date: 2023-03-22)

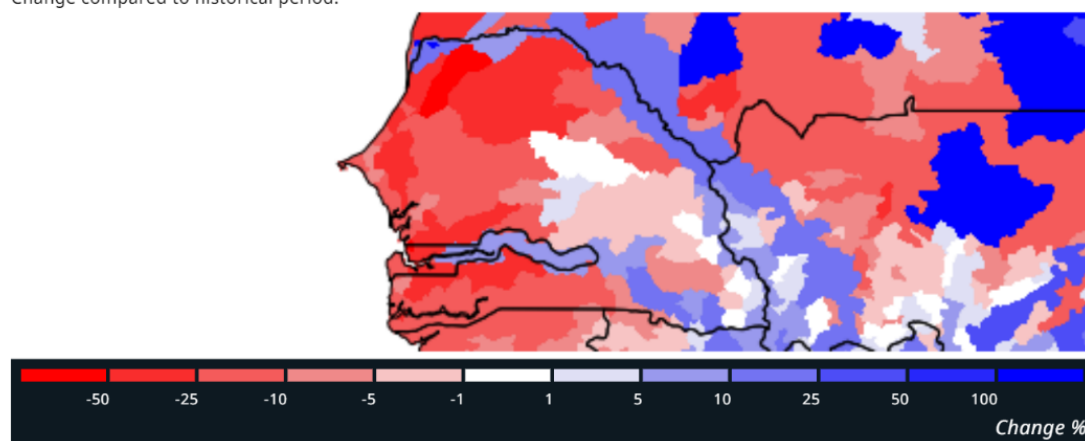
Carte 20 : Indicateur Débit d'eau (moyenne annuelle) (RCP 4.5) 2041-2070

- **Description de l'indicateur Débit d'eau (moyenne annuelle) (RCP 4.5) 2071-2100**

Pour la période 2071-2100 par rapport à 1981-2010 (RCP 4.5), le changement médian est de 11% (moyenne d'ensemble) soit 50% des membres de l'ensemble (intervalle interquartile) conviennent que le changement se situe entre 5,4% et 35%.

Water discharge (annual mean) for Senegal

Change compared to historical period.



Indicator: Water discharge (annual mean), Time period: 2071–2100, Historical period: 1981–2010, Model: CORDEX Africa - WWHYPE Ensemble Mean, Model results for Senegal.

Reference: <https://climateinformation.org> (date: 2023-03-22)

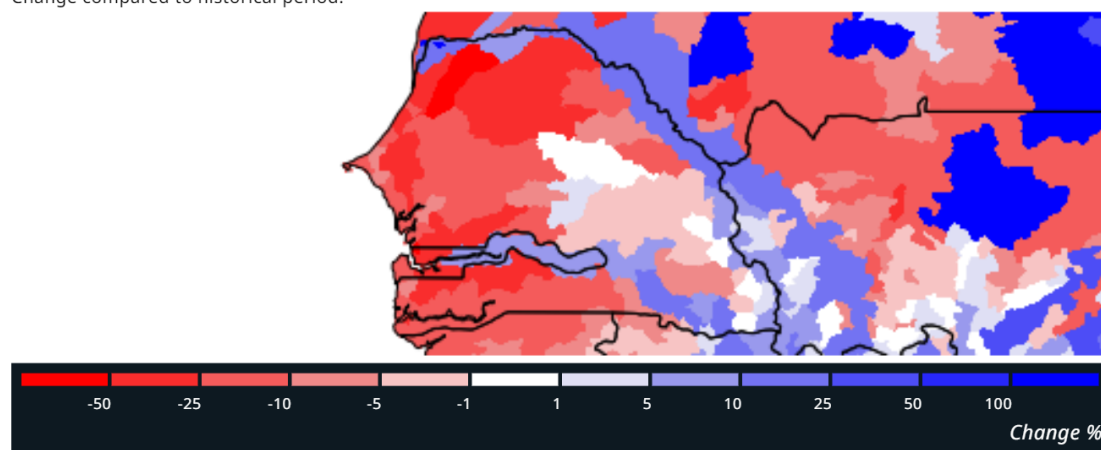
Carte 21 : Indicateur Débit d'eau (moyenne annuelle) (RCP 4.5) 2071-2100

- **Description de l'indicateur Débit d'eau (moyenne annuelle) (RCP 8.5) 2011-2040**

Pour la période 2071-2100 par rapport à 1981-2010 (RCP 4.5) le changement médian est de 11% (moyenne d'ensemble) soit 50% des membres de l'ensemble (intervalle interquartile) conviennent que le changement se situe entre 5,4% et 35%.

Water discharge (annual mean) for Senegal

Change compared to historical period.



Indicator: Water discharge (annual mean), Time period: 2071–2100, Historical period: 1981–2010, Model: CORDEX Africa - WWHYPE Ensemble Mean, Model results for Senegal.

Reference: <https://climateinformation.org> (date: 2023-03-22)

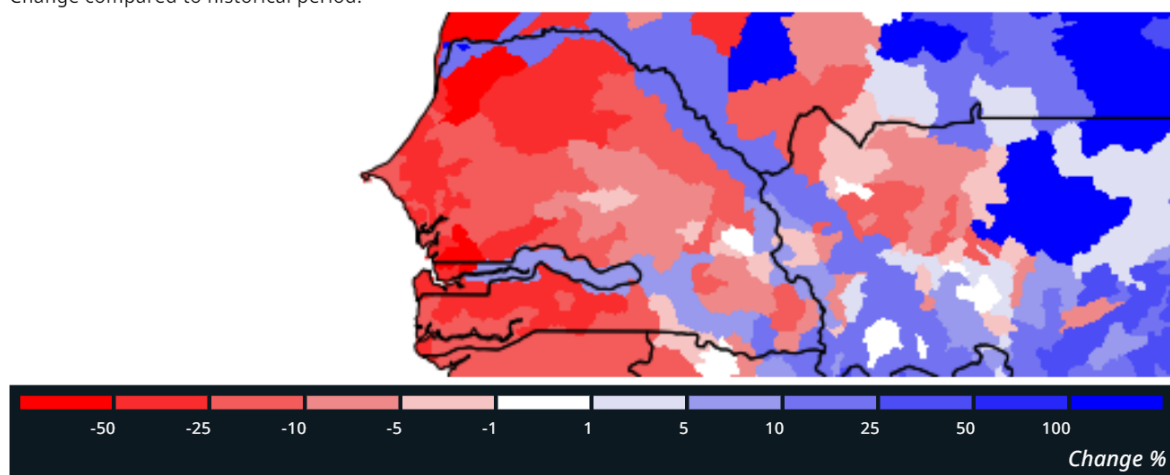
Carte 22 : Indicateur Débit d'eau (moyenne annuelle) (RCP 8.5) 2011-2040

- **Description de l'indicateur Débit d'eau (moyenne annuelle) (RCP 8.5) 2041-2070**

Pour la période 2041-2070 par rapport à 1981-2010 (RCP 8.5). Le changement médian est de 12% (moyenne d'ensemble) soit 50% des membres de l'ensemble (intervalle interquartile) s'accordent à dire que la variation se situe entre -20% et 37%.

Water discharge (annual mean) for Senegal

Change compared to historical period.



Indicator: Water discharge (annual mean), Time period: 2041–2070, Historical period: 1981–2010, Model: CORDEX Africa - WWHYPE Ensemble Mean, Model results for Senegal.

Reference: <https://climateinformation.org> (date: 2023-03-22)

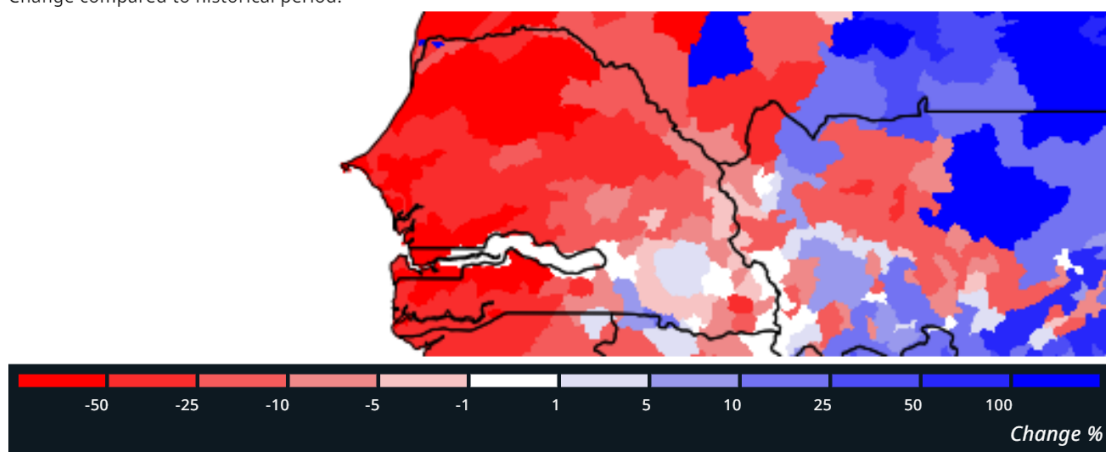
Carte 23 : Indicateur Débit d'eau (moyenne annuelle) (RCP 8.5) 2041-2070

- **Description de l'indicateur Débit d'eau (moyenne annuelle) (RCP 8.5) 2071-2100**

Pour la période 2071-2100 par rapport à 1981-2010 (RCP 8.5), la variation médiane est de -6,4% (moyenne d'ensemble) 50% des membres de l'ensemble (intervalle interquartile) conviennent que le changement se situe entre -36% et 61%.

Water discharge (annual mean) for Senegal

Change compared to historical period.



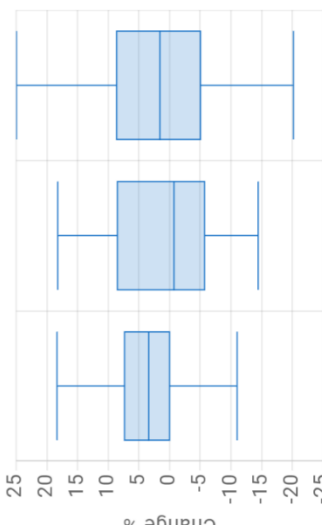
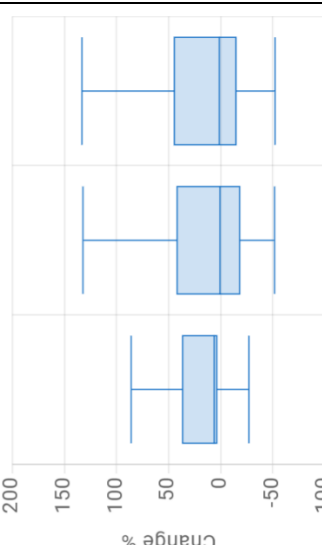
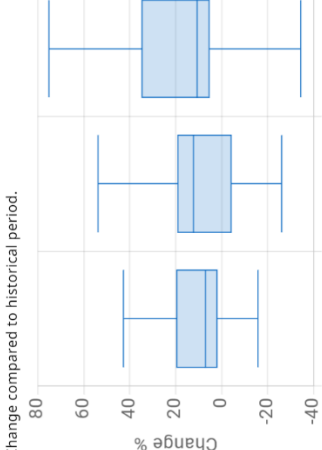
Indicator: Water discharge (annual mean), Time period: 2071–2100, Historical period: 1981–2010, Model: CORDEX Africa - WWHYPE Ensemble Mean, Model results for Senegal.

Reference: <https://climateinformation.org> (date: 2023-03-22)

Carte 24 : Indicateur Débit d'eau (moyenne annuelle) (RCP 8.5) 2071-2100

4.3.2.2. Synthèse de la vulnérabilité future

Tableau 16 : Synthèse de la vulnérabilité future de la région

Scénarios	Indices	Ruissellement	Débit (Décharge d'eau)
RCP 4.5	Précipitation		
	Precipitation (annual mean)		
	Change compared to historical period.		
	 2011–2040 2041–2070 2071–2100 Indicator: Precipitation (annual mean), Time periods: 2011–2040, 2041–2070 & 2071–2100, Historical period: 1981–2010, RCP 4.5, Model: CORDEX Africa Ensemble Mean, Model results for an area covering the location: Kédougou (12.56, -12.19) Reference: https://climateinformation.org (date: 2023-03-22)	Water runoff (annual mean)	Water discharge (annual mean)
	Change compared to historical period.		
	 2011–2040 2041–2070 2071–2100 Indicator: Water runoff (annual mean), Time periods: 2011–2040, 2041–2070 & 2071–2100, Historical period: 1981–2010, RCP 4.5, Model: CORDEX Africa - WWHYPE Ensemble Mean, Model results for an area covering the location: Kédougou (12.56, -12.19) Reference: https://climateinformation.org (date: 2023-03-22)	 2011–2040 2041–2070 2071–2100 Indicator: Water discharge (annual mean), Time periods: 2011–2040, 2041–2070 & 2071–2100, Historical period: 1981–2010, RCP 4.5, Model: CORDEX Africa - WWHYPE Ensemble Mean, Model results for an area covering the location: Kédougou (12.56, -12.19) Reference: https://climateinformation.org (date: 2023-03-22)	

Scénarios	Indices	Ruissellement	Débit (Décharge d'eau)
RCP 8.5	Precipitation		
	Precipitation (annual mean)		
	Water runoff (annual mean)		
	Water discharge (annual mean)		

Scénarios	Périodes					
	2011-2040			2041-2070		
RCP 4.5	P mm	+3%	+2%	R mm	+6%	+1%
RCP 8.5	P mm	+3%	+2%	R mm	+6%	+1%
	D (mm)	+7%	+11%	D (mm)	+12%	-12%
	P mm	-1%	-2%	P mm	+2%	+1%
	R mm	+1%	-7%	R mm	+1%	+14%
	D (mm)	+11%	-12%	D (mm)	+11%	-6%

*P = Précipitation

*R = Ruisselement

*D = Débit

4.3.2.3. Caractéristiques des vulnérabilités futures

Tableau 17 : Caractéristiques des vulnérabilités futures Inondation

Phénomènes prévus liés au changement climatique (probabilité)	Facteurs de risques urbains et vulnérabilité	Conséquences probables pour les villes en l'absence de mesures	Secteurs concernés
Épisodes de fortes précipitations-fréquence accrue (très probable)	Croissance urbaine rapide, entraînant l'installation d'habitats sur des terrains sans systèmes de drainage, ou avec des réseaux d'égout encombrés de débris de limon. Existence de nombreux points bas liés à l'aménagement inadéquat des voiries stockant les eaux de pluies, voire les eaux usées	Aggravation des inondations et des glissements de terrain avec l'influence du relief Contamination des eaux et propagation de maladies dues à des eaux stagnantes	Aménagement du territoire, déchets solides, santé publique, gestion des situations d'urgence
	Infrastructure de transport inexistante ou de qualité insuffisante.	Blocage des voies d'accès d'urgence en cas d'inondation des routes entraînant des retards dans les évacuations d'urgence Activité commerciale entravée	Transport, gestion des situations d'urgence, secteur privé
	Incapacité des infrastructures de collecte des eaux pluviales d'orage de gérer le ruissellement actuel ou futur, aggravée par l'imperméabilisation et la dégradation des fonctions de filtrage naturel des eaux pluviales	Accroissement du ruissellement en l'absence de terres végétalisées Accroissement des inondations	Assainissement, déchets solides Gestion des ressources naturelles
	Densité de population et concentration des activités commerciales déjà élevées (par exemple : ports et industrie), implantées dans des villes côtières ou dans des deltas fluviaux	Perte de bien fonciers et pertes humaines	Logement, gestion des situations d'urgence
	Localisation des aquifères, usines de traitement des eaux usées et autres infrastructures dans des zones côtières ou de cours d'eau.	Infiltration d'eau dans les infrastructures (par exemple, réseau d'alimentation en eau potable et traitement des eaux usées)	Alimentation en eau Traitement des eaux usées
Crue (pratiquement certain)	Inondation des terrains situés à faible distance du fleuve	Aggravation des inondations et des glissements de terrain	Aménagement du territoire, gestion des situations d'urgence, gestion du transport

4.4. Secteur des infrastructures

4.4.1. Vulnérabilité actuelle

L'analyse de la sensibilité des infrastructures routières prend en compte 4 indicateurs. Il s'agit de la présence ou non d'un fleuve au niveau de la région d'implantation de l'infrastructure routière, la présence d'une zone estuarienne ou de bolongs, les expériences de submersion ou de ruptures de la route ou des ouvrages d'art comme les ponts recensés à travers les échanges avec les services techniques comme l'Ageroute, et l'état de la route. L'indicateur expériences de ruptures de routes ou d'ouvrages d'art et l'indicateur de présence de zones inondées (remplacé ici par la présence de zones estuariennes comme les bolongs) ont été considérés comme des indicateurs pertinents dans l'analyse de vulnérabilité de l'étude du Gulf Coast Study Phase 2 (Impacts of Climate Change and Variability on Transportation Systems and Infrastructure: The Gulf Coast Study, Phase 2 (Task 3.1: Screening for Vulnerability)².

Pour l'analyse de la sensibilité des infrastructures routières par rapport aux températures élevées, l'étude du Gulf Coast Study Phase 2 (Impacts of Climate Change and Variability on Transportation Systems and Infrastructure: The Gulf Coast Study, Phase 2, Task 3.1: Screening for Vulnerability) propose 3 indicateurs : le niveau de performance du bitume (pavement binder)³, l'expérience passée en terme de dégradation relevant des températures (past experience) et le trafic journalier des poids lourds (truck traffic). Dans cette étude, étant donné que les effets des poids lourds sur les chaussées sont indexés durant nos enquêtes comme faisant partie des facteurs les plus importants de dégradation des routes (apparition d'ornières ou déformation des chaussées) avec l'effet des températures élevées, nous allons considérer ici comme indicateur le trafic journalier des véhicules de transport de marchandises ou poids lourds.

4.4.1.1. Évaluation participative de la vulnérabilité

Les consultations ont fait ressortir deux aspects permettant de caractériser clairement la vulnérabilité des infrastructures routières à la variabilité actuelle et aux changements climatiques (Tableau 18).

- Du point de vue des infrastructures, ce sont les routes revêtues qui sont les plus exposées aux effets de la variabilité climatique actuelle avec un indice d'exposition de 12 points.
- Du point de vue des risques climatiques, ce sont les eaux de ruissellement qui ont l'impact le plus important sur les infrastructures routières avec un score cumulé de 13.

² Cette étude a été déroulée aux États Unis. Elle constitue actuellement une référence dans le cadre de l'analyse de la vulnérabilité des infrastructures de transport aux changements climatiques.

³ D'après le *Catalogue de structures de chaussées neuves et Guide de dimensionnement des chaussées au Sénégal* (2015, p. 62) « Les bitumes employés au Sénégal proviennent de raffineries étrangères (Italie, Pologne, Belgique, Brésil, Thaïlande, etc.). Les bitumes sont importés dans des navires spécialisés par les sociétés implantées dans le port de Dakar. Ils sont ensuite transportés en citerne ou en bitu-container. Les produits disponibles sont les bitumes purs (grade 35/50 ou 40/50 et 50/70 ou 60/70 le plus souvent - selon le référentiel EN ou ASTM), les bitumes modifiés, les émulsions de bitume et les cutback 0/1 et 400/600 (selon le référentiel EN ou ASTM). Les autres grades de bitumes peuvent également être importés à partir d'un certain volume (500t par exemple). Le recours au bitume de grade plus dur (grade 10/20 ou 20/30) permet d'augmenter le module des enrobés en usage dans la formulation des BBME et EME. Il conviendra toutefois de rester vigilant sur l'emploi de grades durs obtenus par soufflage ou semi-soufflage, trop oxydés, en couche de roulement, car l'oxydation et le vieillissement en place par les rayons ultra-violets engendrent un risque de fissuration thermique par le haut liée à une rigidité trop grande du liant. Avant la généralisation de cette technique, des chantiers expérimentaux seraient à réaliser et à accompagner d'un suivi annuel. »

Tableau 18 : Matrice d'exposition des types d'infrastructures aux risques climatiques notés de 1 à 5

Types d'infrastructure	Augmentation de la température	Augmentation de la pluviométrie	Augmentation des eaux de ruissellement	Vent	Indice d'exposition
Routes revêtues	4	3	4	1	12
Routes non revêtues	0	5	5	1	11
OAA	0	3	4	2	9
Score	4	11	13	4	

4.4.1.2. Impacts des aléas climatiques sur les infrastructures routières

Après avoir identifié les principaux risques climatiques et établi le tableau d'exposition de ces risques climatiques, les échanges ont permis de recueillir çà et là leurs différents impacts sur les infrastructures routières. Le Tableau 19 affiche les impacts notés au niveau des routes revêtues, le Tableau 20 pour les routes non revêtues et le Tableau 21 pour les ouvrages d'art et d'assainissement.

Tableau 19 : Principaux impacts des risques climatiques sur les routes revêtues

Risques	Impacts recensés
Augmentation de la température	Déformation de la chaussée (ornières, fissures), augmentation de la consommation de carburant due à la climatisation des véhicules, éclatement des pneus
Augmentation de la pluviométrie	Isolement de certaines zones, coupure de routes, insécurité routière, réduction de la mobilité
Augmentation des eaux de ruissellement	Ravinements des talus, affaissements
Vent	Chutes d'arbres, tempête de sable, réduction de la visibilité, déformation des panneaux de signalisation

Tableau 20 : Principaux impacts des risques climatiques sur les routes non revêtues

Risques	Impacts recensés
Augmentation de la température	Éclatement des pneus
Augmentation de la pluviométrie	Coupure de routes, dégradation de la piste avec apparition de nids de poule, réduction de la mobilité des personnes
Augmentation des eaux de ruissellement	Coupure de route, Ravinements, déplacement de matériau vers les champs, dégradation de la piste
Vent	Chutes d'arbres, ensablement

Tableau 21 : Principaux impacts des risques climatiques sur les ouvrages d'art et d'assainissement (OAA)

Risques	Impacts recensés
Augmentation de la température	
Augmentation de la pluviométrie	
Augmentation des eaux de ruissellement	Obstruction des ouvrages par les débris transportés, affouillements et affaissements
Vent	Ensablement et obstruction des ouvrages, obstruction des trous d'évacuation d'eau au niveau du pont de Kédougou

4.4.1.3. Facteurs aggravant les impacts des risques climatiques

En dehors du climat, d'autres facteurs non climatiques favorisent la dégradation des routes. D'après les enquêtes, il s'agit de :

- la mauvaise analyse des données,
- le passage des gros porteurs,
- l'augmentation du trafic non pris en compte,
- l'utilisation de matériaux non conforme,
- la qualité des matériaux,
- la rationalisation des ressources,

- le déficit d'entretiens,
- le sous dimensionnement des ouvrages hydrauliques.

4.4.2. Vulnérabilité future

Analyse de la vulnérabilité future aux pluies extrêmes et aux températures élevées.

4.4.2.1. Analyse de la vulnérabilité future aux pluies extrêmes

Les valeurs de pluie extrêmes connaîtront une augmentation aussi bien pour le moyen horizon que l'horizon lointain.

Entre 2031 et 2060, les projections prévoient les augmentations les plus importantes à Matam, Ziguinchor et Kédougou avec plus de 90 mm (Tableau 22). Saint-Louis connaîtra une augmentation inférieure à 80 mm.

Entre 2071 et 2100, ce seront les stations de Matam, Ziguinchor et Kédougou qui connaîtront une augmentation des valeurs de pluies extrêmes supérieure à 90 mm. Saint-Louis aura une augmentation qui varie entre 80 et 86 mm.

Tableau 22 : Écarts des pluies extrêmes entre les périodes 1981-2010 et 2031-2060, 2071-2100⁴

Station	1981-2010	2031-2060	2071-2100	Écart 1	Écart 2
Saint-Louis	23,1	86	110	+62,9	+86,9
Matam	31,6	151	158	+119,4	+126,4
Kédougou	60,7	153	159	+92,3	+98,3
Ziguinchor		105	121	+105	+121

4.4.2.2. Analyse de la vulnérabilité future aux températures élevées

Les projections prévoient une diminution des jours où les températures maximales sont supérieures ou égales à 35°C aussi bien au niveau de l'horizon moyen que de l'horizon lointain.

4.5. Analyse intégrative des résultats de l'évaluation sectorielle de la vulnérabilité

L'analyse des tendances climatiques actuelles et futures montre que les impacts constatés et prévus des changements climatiques affectent l'ensemble des moyens d'existence de la région de Kédougou. À ce titre, les secteurs de l'agriculture, de l'élevage et de la pêche qui constituent les secteurs clefs de l'économie régionale reposant essentiellement sur l'utilisation des ressources de la biodiversité présentent une grande vulnérabilité.

Les infrastructures, notamment de transport terrestre, présentent aussi une grande vulnérabilité favorisant l'enclavement de certaines localités limitant ainsi le déplacement des biens et personnes pendant une bonne partie de la saison hivernale avec une incidence sur les activités économiques.

La santé humaine, directement ou indirectement, est également éprouvée par ces tendances climatiques avec la possibilité de voir se développer des maladies émergentes et ré émergentes.

Par ailleurs, les résultats issus de l'évaluation de la vulnérabilité, montrent également que les impacts notés ne se produisent pas de manière isolée. En effet, on peut noter, dans le cadre de cette évaluation, que les inondations affectent tous les autres secteurs ciblés à savoir, l'agriculture, la santé, les infrastructures de transport terrestre ainsi que les différentes catégories d'acteurs de groupes d'âge divers. Les impacts notés au niveau de l'agriculture, peuvent également affecter la qualité nutritionnelle des populations et entraîner des problèmes de malnutrition et de santé qui, à leur tour, vont affecter les performances au niveau des activités socio-économiques.

⁴ Les résultats des périodes 2031-2060 et 2071-2100 sont issus des données de projections du RCP 4.5.

5. Mesures d'adaptation sectorielles proposées

En réponse aux différents impacts notés des mesures et/ou stratégies d'adaptation ont été identifiés de manière participative avec les différentes parties prenantes de la région. Ces différentes mesures ont été hiérarchisées en fonction de sept (7) critères relatifs à : (1) la cohérence avec les politiques nationales, (2) la faisabilité, (3) la durabilité, (4) l'acceptabilité, (5) l'efficacité, (6) l'équité et au (7) coût de l'option. En fonction de ces critères, une note est attribuée à chaque option pour permettre une hiérarchisation des options. L'option qui sort avec la meilleure note (totale) est considérée comme prioritaire.

5.1. Secteur de l'agriculture

En réponse aux différents impacts notés des mesures et/ou stratégies d'adaptation ont été identifiés. Ces mesures concernent les impacts biophysiques regroupés dans des systèmes dont les cultures, les sols, l'élevage et la foresterie (Tableau 23).

En effet pour faire face à la baisse des rendements du au retard de croissance ou le mauvais remplissage des grains qui est une caractéristique des cultures de la zone en raison de l'écourtement des saisons pluviales, l'utilisation de variétés adaptées l'adaptation du calendrier cultural et l'utilisation de l'information climatique sont proposés. Le drainage des parcelles et l'application de pratiques de DRS sont aussi fréquemment utilisés pour faire face aux événements d'inondation dans les parcelles. Sur les sols, le reboisement et l'application des pratiques de DRS sont courantes pour faire face à l'érosion et la perte de matière organique. Sur l'élevage l'utilisation de plantes fourragère (Maralfalfa, niébé fourragère, etc.), l'aménagement des mares et la transhumance font partie des stratégies préconisées. Au niveau de la foresterie il y a le reboisement et l'aménagement des forêts qui sont retenues comme stratégies de lutte contre la diminution de productivité forestière (Tableau 23).

Tableau 23 : Les stratégies ou mesures d'adaptation identifiées en fonction des impacts biophysiques

Système de culture	Impacts biophysiques	Mesures d'adaptation
Sur les cultures (mil, riz, maïs, sorgho et arachide)	Ralentissement du développement végétatif des plants, Mauvaise remplissage des graines	Adoption de variétés adaptées, Irrigation, respect du calendrier cultural, Utilisation de l'information climatique, irrigation
	Asphyxie des plantes par submersion et pourrissement des graines	Drainage des parcelles, pratiques des DRS, gestion de l'eau dans les parcelles (Zai, tranchée à ciel ouvert, cordons pierreux)
	Déracinement des plants	Mise en place de brise vent
	Forte perte d'eau, stress hydrique	Choix d'espèces résistantes
	Augmente l'évapotranspiration	Empailage, Irrigation (technique de goutte à goutte)
Les sols	Érosion hydrique et Lessivage du sol	Pratique des DRS
	Destruction rapide de la matière organique	Reboisement
L'élevage	Réduction de la disponibilité et de la qualité du fourrage	Utilisation des cultures fourragères, valoriser et stocker les résidus des céréales, la transhumance
	Stresse thermique, maladies, Réduction des zones des pâturages	Délimitation de zone de parcours, Éviter d'occuper les zones inondables
	Stresse thermique, tarissement précoce des points d'eau, mortalité du cheptel	Encouragement de l'élevage intensif, Mise en place d'infrastructure des hydriques (mares)
	Destruction du tapis herbacé des savanes et steppes, Colonisation de l'espace par des espèces plus résistantes, Érosion des berges, ensablement des bas-fonds	Maintien d'une zone tampon entre les aires protégées et zone de terroir, créer des enclos communautaires, vacciner le cheptel, mettre en place un système d'alerte pour l'élevage

Système de culture	Impacts biophysiques	Mesures d'adaptation
Foresterie	Chablis dans les forêts, chute des fleurs, fruits	Renforcer le couvert végétal dans les zones dénudées et les zones de pente, Reboiser les berges des cours d'eau, regarnissage des trouées dans la forêt, création de bois communautaire, aménagement des forêts
	Prolifération des feux de brousse plus étendus et plus destructeurs, mortalité d'espèces végétales et fauniques sensibles et réapparition d'autres espèces, perturbation de l'habitat	Reboisement, aménagement des forêts

En plus de ces stratégies d'adaptation des efforts ont été consentis par l'État du Sénégal pour répondre de façon concrète à l'atténuation et à l'adaptation aux changements climatiques. Les acteurs intervenant dans ce domaine sont nombreux et diversifiés dans la région de Kédougou notamment les services techniques comme la DRDR dont la mission est de suivre l'évolution du secteur agricole, de proposer les éléments de politiques agricoles répondant aux exigences locales et de créer les conditions favorables à la réalisation des objectifs de développement dans la région en collaboration avec les conseillers régionaux et ruraux. Mais également L'Inspection Régionale des Eaux et Forêts (IREF) et le Service Régional de l'Élevage qui a pour rôle principal la mise en œuvre de la politique définie par le Ministère de l'élevage et des Productions Animales (MEPA). Il existe aussi des Projets et programmes que sont :

- PADAER : Programme d'Appui au Développement Agricole et à l'Entrepreneuriat Rural ;
- PDESOC : Projet de Développement de l'élevage au Sénégal Oriental et en Basse Casamance ;
- PROGEBE : Projet de Gestion Durable du Bétail Ruminant Endémique ;
- PROGEDE : Information sensibilisation Restauration écosystèmes dégradés, Promotion des réserves communautaires, économie bois énergie ;
- PMFD : Reboisement, sensibilisation, Pisciculture, Plateforme multi fonctionnelle (moulin à mil).

La priorisation des options d'adaptation avec la matrice multicritère a permis de placer la vaccination du cheptel et le reboisement comme options prioritaires à mettre en œuvre pour l'adaptation aux changements climatiques (Tableau 24). De manière transversale, les stratégies d'adaptation aux changements climatiques prioritaires dans la zone de Kédougou sont : l'utilisation de bonnes pratiques agricoles, la fixation des sols à travers l'application des DRS et le reboisement (Tableau 24). Ces actions prioritaires montrent l'intérêt des acteurs pour une adaptation locale appuyée par des programmes nationaux et internationaux.

Tableau 24 : Matrice de priorisation des options/stratégies d'adaptations identifiées

Initiative/ Options d'adaptation	Cohérence avec politiques	Faisabilité	Durabilité	Acceptabilité sociale et politique	Efficience	Équité	Coût	Note	Rang
Introduction de Variétés résistantes au stress hydrique,	5	4	5	4	3	4	1	26	8 ^{ème} ex
Respect du calendrier culturel	5	5	5	3	4	4	4	30	4 ^{ème}
Drainage des parcelles	5	3	3	4	2	3	1	21	12 ^{ème}
L'application des bonnes pratiques agricoles	5	5	5	4	4	5	4	32	1 ^{er}

Initiative/ Options d'adaptation	Cohérence avec politiques	Faisabilité	Durabilité	Acceptabilité sociale et politique	Efficiencia	Équité	Coût	Note	Rang
Utilisation de l'information climatique	5	5	5	3	5	4	1	28	5 ^{ème}
Réalisation de brise vent	4	4	4	2	3	2	4	27	6 ^{ème}
Irrigation des parcelles	4	4	4	3	3	3	1	26	8 ^{ème}
Fixation des sols (DRS)	5	5	5	5	5	3	3	31	2 ^{ème} ex
Reboisement	5	5	5	4	5	4	3	31	2 ^{ème} ex
Encourager la culture fourragère,	5	5	5	3	3	3	3	27	6 ^{ème} ex
Encourager l'élevage intensif	5	5	5	2	3	2	2	24	10 ^{ème} ex
Mettre en place d'infrastructures pour l'abreuvement du bétail	5	3	4	5	5	1	1	24	10 ^{ème} ex

5.2. Secteur de la santé

En réponse aux différents impacts notés des mesures et/ou stratégies d'adaptation ont été identifiés auprès des populations. Ces mesures sont déclinées dans le Tableau 25.

Tableau 25 : Les stratégies ou mesures d'adaptation identifiées en fonction des impacts sur la santé

Impacts climatiques sur la santé	Réponses et Mesures/ Stratégies d'adaptation	Changement requis pour un système de santé résilient (niveau communautaire)
Recrudescence et aggravation de certaines pathologies	Chimioprophylaxie pour le paludisme Distribution de moustiquaires imprégnées Distribution de masses de médicaments pour les maladies tropicales négligées (MTN) Prévention du paludisme chez les femmes enceintes Campagne de dépistage précoce pour les malnutris Suivi sanitaire des personnes âgées Éviter l'exposition au soleil et à la poussière	Meilleure implication des communautés dans prévention et prise en charge des pathologies Amélioration de l'offre de soins Plus grande implication des collectivités territoriales Renforcement des ressources humaines et du plateau technique
Émergence de nouvelles pathologie (dengue, fièvre jaune, West Nile, Zika, Chikungunya, fièvre de la vallée du rift, Crimée Congo)	Renforcement de la surveillance de certaines maladies à potentiel épidémique	
Difficulté d'accès aux structures sanitaire (financière et géographique)	Désenclavement de certaines zones Élargissement de la carte sanitaire et renforcement des ressources humaines Augmentation de la logistique (motos et véhicules)	

En plus de ces stratégies d'adaptations des efforts consentis par l'État du Sénégal pour répondre de façon concrète à l'atténuation et à l'adaptation aux changements climatiques, il y'a le besoin en produits climatiques qui est étroitement lié à la maladie ciblée ; plus généralement il peut être

question des produits de prévisions (journalière, saisonnière, mensuelle, moyenne échéance), et des projections. Il y'a également un besoin de diffuser des bulletins spéciaux en cas de risque d'épidémies ou tout simplement d'événements extrêmes à fort impact sanitaire (inondations, vagues de chaleur, tempêtes de poussière). Il a été recommandé pour cela de :

- travailler à combler le manque de canaux d'information et de sensibilisation (incluant les Mbadiénou Goox) ;
- mettre sur pied une politique de renforcement des capacités du personnel de la santé en élaborant des produits climatiques pour les maladies climat-sensibles ;
- densifier et moderniser le réseau d'observation et améliorer la remontée et la disponibilité des données sanitaires.

On note déjà un certain nombre d'intervenants dans le secteur de la santé parmi lesquels les programmes et projets à connotation changements climatiques mis en œuvre par le MSAS (Ministère de la Santé et de l'Action Sociale) et des partenaires comme l'USAID :

- l'approche « Une seule santé » (One Health), grâce à laquelle une surveillance communautaire des maladies et zoonoses prioritaires au Sénégal est initiée depuis 2019.
- le projet NOAA & MSAS sur les vagues de chaleur ;
- la mise en place d'un groupe de travail santé environnement au sein de la DGS ;
- le Plan stratégique multisectoriel de la nutrition du Sénégal, 2018-2022 ;
- la Stratégie nationale de sécurité alimentaire et de résilience (SNSAR) 2015-2035 ;
- l'adhésion du Sénégal à la mutuelle panafricaine de gestion des risques (ARC⁵) ;

« **Strengthening the resilience of vulnerable communities in Senegal to the health risks of climate change** », initiative en cours de développement et portée par SAVE THE CHILDREN pour le MSAS, mais à soumettre au FVC (Fonds Vert climatique).

La priorisation des options d'adaptation avec la matrice multicritère a permis de placer la prévention chez les enfants et les femmes enceintes contre le paludisme qui sévit fortement dans la région de Kédougou, comme option prioritaire à mettre en œuvre pour l'adaptation aux changements climatiques, suivi du renforcement de la surveillance de certaines maladies à potentiel épidémique (Tableau 26). À cause des événements de pluies extrêmes et les inondations devenues très fréquents à Kédougou, il y a l'émergence des maladies zoonotiques comme la Fièvre de la Vallée du Rift (FVR) et la Fièvre Hémorragique Crimée Congo qui affectent le cheptel dans la zone. La vaccination et les mesures de biosécurité mais surtout l'approche One Health (OH), ou « une seule santé » en français apporterait une valeur ajoutée d'une coopération plus étroite entre la santé humaine et la santé animale en termes de santé et de bien-être humain et animal, d'économies de ressources financières et de services environnementaux. Cette coopération ne pourrait pas être atteinte aussi longtemps que si les disciplines travaillent séparément. L'approche One Health devrait être renforcée en démontrant les avantages de services communs de santé humaine et animale pour les éleveurs mobiles à Kédougou, les avantages sociétaux de la vaccination du bétail contre les zoonoses pour la santé publique. De nouvelles méthodes d'évaluation de la santé humaine et animale en même temps doivent être développées de manière simultanée, en combinant l'épidémiologie, la biologie, et la climatologie.

⁵- <https://www.financialafrik.com/2019/09/04/assurance-secheresse-arc-verse-22-millions-de-dollars-au-senegal/>

Tableau 26 : Matrice de priorisation des options/stratégies d'adaptations identifiées

Initiative/ Options d'adaptation	Coherence avec politiques	Faisabilité	Durabilité	Acceptabilité sociale et politique	Efficience	Équité	Coût	Note	Rang
Chimioprophylaxie pour le paludisme	4	5	5	3	5	5	2	29	5 ^{ème}
Distribution de moustiquaires imprégnées	5	5	5	3	5		2	30	4 ^{ème}
Distribution de masses de médicaments pour les maladies tropicales négligées (MTN)	5	5	5	3	5	5	3	31	2 ^{ème}
Campagne de dépistage précoce pour les malnutris	5	3	3	4	3	3	1	22	9 ^{ème}
Renforcement de la surveillance de certaines maladies à potentiel épidémique	5	5	5	5	5	5	1	31	2 ^{ème}
Élargissement de la carte sanitaire et renforcement des ressources humaines	5	2	2	5	5	5	1	25	5 ^{ème}
Désenclavement de certaines zones	5	2	2	5	5	5	1	25	5 ^{ème}
Augmentation de la logistique (motos et véhicules)	5	2	2	5	5	5	1	25	5 ^{ème}
Prévention chez les femmes enceintes pour le palu	5	5	5	5	5	5	5	35	1 ^{er}

5.3. Secteur des inondations

5.3.1. Mesures de résilience pour face aux inondations

Les actions entreprises dans la région de Kédougou pour faire face aux dommages causés par les inondations concernent la mise en place d'un réseau d'assainissement, le désencombrement du réseau d'assainissement, la réhabilitation des infrastructures détruites (ponts, habitations).

5.3.1.1. Mesures d'adaptation face aux contraintes relatives aux fortes pluies et crues

La stratégie de résilience face aux contraintes liées aux fortes pluies et aux crues dans les villages et communes situés au niveau des berges du fleuve Gambie est d'activer le système de Défense et de Restauration des Sols. Cette stratégie passe également par des campagnes de sensibilisation et de reboisement, la mise en place de digues et de diguettes de protection d'une part, et d'autre part, la mise en place d'un système opérationnel d'alerte et de partage de l'information stratégique.

5.3.1.2. Mesures d'adaptation pour faire face aux reliefs accidentés

Afin de faire face aux impacts du ruissellement des eaux du fait du caractère accidenté du relief, il a été également recommandé de mettre en place le système de Défense et de Restauration des Sols par la mise en place d'ouvrages DRS, qu'il conviendra de consolider avec des campagnes de reboisement et de restauration/rénovation de routes, de pistes.

5.3.1.3. Mesure d'adaptation pour faire face au sol latéritique

Pour faire face à l'impact lié à la contrainte du sol latéritique observé pendant toute la saison hivernale dans pratiquement toutes les communes de la région de Kédougou, des unités de potabilisation de l'eau, pour pallier le manque d'eau susceptible d'être occasionné par l'impact des sols latéritiques.

5.3.1.4. Mesure d'adaptation pour faire face au sous-dimensionnement d'ouvrages de franchissement

Face à l'impact du sous-dimensionnement des ouvrages de franchissement, la stratégie de résilience à mettre en place consiste en des études de faisabilité et à la réalisation technique d'ouvrages de franchissement appropriés et durables.

5.3.1.5. Mesure d'adaptation pour faire face à la déforestation

On assiste, dans la région de Kédougou, au phénomène de la déforestation qui prend une ampleur toujours plus inquiétante.

Afin de restaurer les écosystèmes fauniques, floristiques, les équilibres du cycle et des lieux de reproduction des espèces, la reproduction des espèces, la biodiversité, la stratégie de résilience face à l'impact de la déforestation est la stratégie de Défense et de Restauration des Sols (DRS), à consolider avec les campagnes de sensibilisation et de lutte contre les feux de brousse, les campagnes de reboisement, la redynamisation des comités de lutte et de veille contre les feux de brousse.

5.3.1.6. Mesure d'adaptation pour faire face à l'occupation des zones non aedificandi

Les recommandations faites, en termes de stratégie de résilience face à la contrainte liée à l'occupation des zones non aedificandi, sont des campagnes de sensibilisation des populations contre les méfaits cette pratique, l'aménagement de sites et le recasement des populations ainsi

que la requalification des emprises libérées en espaces verts, espace de maraîchage, espaces ludiques et de détente.

5.3.1.7. *Mesure d'adaptation pour faire face à la non réhabilitation des carrières*

Pour ce qui concerne la non réhabilitation des carrières, la stratégie de résilience préconisée consiste à harmoniser les codes de l'environnement et des mines et à appliquer rigoureusement les textes en vigueur.

5.3.1.8. *Stratégie de résilience face à l'absence d'un réseau d'assainissement*

La stratégie de résilience pour faire face à la contrainte liée à l'absence de réseau d'assainissement est la mise en œuvre du Plan Directeur d'Assainissement, prenant en compte les ouvrages de drainage séparé des eaux pluviales et des eaux usées.

5.3.2. Options d'adaptation aux impacts des inondations par axe

5.3.2.1. *Critères de priorisation des options d'adaptation*

Concernant les mesures d'adaptation, les options ont été prises en fonction des critères relatifs à (1) la cohérence avec les politiques nationales, à (2) la faisabilité, à (3) la durabilité, à (4) l'acceptabilité, à (5) l'efficacité, à (6) l'équité et au (7) coût de l'option. En fonction de ces critères, une note est attribuée à chaque option pour permettre une hiérarchisation des options. L'option qui sort avec la meilleure note (totale) est considérée comme prioritaire avec un degré qui différencie sa priorité de celle qui suit.

5.3.2.2. Hiérarchisation des options d'adaptation par axe en focus group

Tableau 27 : Hiérarchisation des options d'adaptation

Contraintes	Critères Options	Cohérence avec les politiques	Faisabilité	Durabilité	Acceptabilité	Efficience	Equité	Coût	Notes	Rang
Fortes pluies / Crues	Mettre en place des digues et des diguettes de protection.	5	5	4	5	5	5	4	33	1 ^{er}
	Mettre en place un système d'alerte	5	5	4	4	4	5	3	30	5 ^{ème} ex
	Relief accidenté Mettre en place des ouvrages DRS ;	4	5	3	4	4	5	2	27	13 ^{ème}
	Campagne de reboisement ;	5	5	4	5	5	5	1	30	5 ^{ème} ex
	Réalisation des routes / pistes	5	4	3	5	4	5	5	31	3 ^{ème} ex
Insuffisance/ sous dimensionnement d'ouvrages de franchissement	Étude de faisabilité et réalisation techniques des ouvrages de franchissement	5	5	3	4	4	5	3	29	8 ^{ème}
Sols latéritiques/ faible infiltration des eaux de ruissellement	Mettre en place des unités de potabilisation des eaux.	5	5	4	4	4	5	4	31	3 ^{ème} ex
Déforestation	DRS (accompagner la sensibilisation et lutte contre les feux de brousse)	5	4	3	5	4	5	2	28	9 ^{ème} ex
Occupation des zones non aedificandi	Redynamiser les comités de lutte et de veille contre les feux de brousse	5	4	4	5	3	5	2	28	9 ^{ème} ex
	Recasement de la population ;	4	3	2	5	3	4	5	26	14 ^{ème} ex
	Sensibilisation sur l'occupation des zones aedificandi ;	5	3	3	4	3	5	3	26	14 ^{ème} ex
	Requalification des emprises libérées	4	4	4	4	3	5	2	26	14 ^{ème} ex
Non réhabilitation des carrières	Harmonisation des codes de l'environnement et des mines ;	5	5	3	4	5	5	1	28	9 ^{ème} ex
Absence de réseau d'assainissement	Applications rigoureuses des textes en vigueur	5	4	3	5	4	5	2	28	9 ^{ème} ex
	Mettre en œuvre le plan directeur de l'assainissement ;	5	4	5	5	4	5	4	32	2 ^{ème}
	Réalisation des ouvrages de drainage des eaux pluviales et usées	5	4	4	5	4	5	3	30	5 ^{ème} ex

5.4. Secteur des infrastructures

Plusieurs options d'adaptation ont été recueillies relativement aux risques identifiés. Les options pour les différentes infrastructures sont consignées dans les Tableau 28 pour les routes revêtues, Tableau 29 pour les routes non revêtues et Tableau 30 pour les ouvrages d'art et d'assainissement.

Tableau 28 : Options au niveau des routes revêtues

Risques	Options recensées
Augmentation de la température	Utiliser des matériaux de substitution qui peuvent résister mieux à la chaleur, reboisement le long des routes pour baisser les températures
Augmentation de la pluviométrie	Bon dimensionnement des ouvrages hydrauliques en tenant compte des changements climatiques
Augmentation des eaux de ruissellement	Protection des talus, briser la vitesse des écoulements au niveau des bassins versants en mettant des plantes
Vent	

Tableau 29 : Options pour les routes non revêtues

Risques	Options recensées
Augmentation de la température	Reboisement le long de la piste
Augmentation de la pluviométrie	Entretien courant
Augmentation des eaux de ruissellement	Entretien courant
Vent	

Tableau 30 : Options pour les ouvrages d'art et d'assainissement

Risques	Options recensées
Augmentation de la température	
Augmentation de la pluviométrie	Mise en place de barrières de pluies
Augmentation des eaux de ruissellement	
Vent	



CONCLUSION

Le PNA de la région de Kédougou a été élaboré dans la perspective de faciliter l'intégration des défis liés aux changements climatiques dans la planification et dans le processus de prises de décisions au niveau local. Le PNA régional de Kédougou, mené dans une approche participative d'évaluation de la vulnérabilité prend en compte les tendances climatiques actuelles et futures, les expériences sectorielles mais également les connaissances et savoirs locaux dans un souci de renforcer la résilience des communautés, des moyens de subsistance et des infrastructures mais également de contribuer à la mise en œuvre de la CDN.

L'analyse intégrée des résultats de l'évaluation de la vulnérabilité montre qu'il faut également au-delà des réponses sectorielles, une approche multisectorielle pour prendre en charge les impacts de la variabilité et des changements climatiques.

Toutefois, cette contribution reste dépendante des stratégies de financement et de mise en œuvre des options d'adaptation prioritaires issues des consultations locales.

Annexe : Bibliographie

AGERROUTE, 2016 : Travaux d'aménagement et de bitumage de la route Kédougou-Salémata, y compris la bretelle de Kédougou-Dendifelo, EIES, rapport final, 177 p.

ANSD/SRSD/Kédougou (2018). Situation Economique et Sociale Régionale 2017-2018. Available at: <https://www.ansd.sn/ressources/ses/SES-Kedougou-2017-2018.pdf>.

C. Leport and J.-F. Guégan, 2011 "Les maladies infectieuses émergentes : état de la situation et perspectives," p. 4.

DIOUF_I-133-139.pdf." Accessed: Nov. 15, 2022. [Online]. Available: http://www.climato.be/aic/colloques/actes/ACTES_AIC2015/2%20Climatologie%20appliquee/021-DIOUF_I-133-139.pdf

Fall, P., Diouf, I., Deme, A., and Sene, D. (2022). Assessment of Climate-Driven Variations in Malaria Transmission in Senegal Using the VECTRI Model. *Atmosphere*, 13(3), 418.

FAO, Ed., Strengthening the enabling environment for food security and nutrition. Rome: FAO, 2014.

Faye M., Dème A., Diongue AK., Diouf I., 2021. Impact of different heat wave definitions on daily mortality in Bandafassi, Senegal. *PLoS ONE* 16(4): 0249199. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0249199>

Faye I., Mbaye I., Sakho P., Sy I. et Ndione J. A., 2018 : Dynamique urbaine et accessibilité aux soins de santé dans la commune de Kédougou. In Mbaye I. (Dir. pub.) : La recomposition des espaces urbains et périurbains face aux changements climatiques en Afrique de l'Ouest, L'Harmattan Sénégal, Dakar, p. 81-98.

GIEC, 2021: Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. In Press.

GIEC. (2014). *Climate Change 2014: synthesis Report. Contribution of working groups I, II and III to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change* (p. 151). IPCC. Sous la direction de Pachauri, R. K., Allen, M. R., Barros, V. R., Broome, J., Cramer, W., Christ, R., & Dubash, N. K.

H.-M. Fussel and R. J. T. Klein, "Climate Change Vulnerability Assessments: An Evolution of Conceptual Thinking," *Climatic Change*, vol. 75, no. 3, pp. 301–329, Apr. 2006, doi: 10.1007/s10584-006-0329-3.

I. Diouf et al., "Comparison of malaria simulations driven by meteorological observations and reanalysis products in Senegal," *International journal of environmental research and public health*, vol. 14, no. 10, p. 1119, 2017.

I. Diouf, A. Deme, J.-A. Ndione, A. T. Gaye, B. Rodríguez-Fonseca, and M. Cissé, "Climate and health: Observation and modeling of malaria in the Ferlo (Senegal)," *Comptes Rendus Biologies*, vol. 336, no. 5–6, pp. 253–260, May 2013, doi: 10.1016/j.crv.2013.04.001.

M. Romanello et al., "The 2021 report of the Lancet Countdown on health and climate change: code red for a healthy future," *The Lancet*, vol. 398, no. 10311, pp. 1619–1662, Oct. 2021, doi: 10.1016/S0140-6736(21)01787-6.

P. W. Gething, D. L. Smith, A. P. Patil, A. J. Tatem, R. W. Snow, and S. I. Hay, "Climate change and the global malaria recession," *Nature*, vol. 465, no. 7296, pp. 342–345, May 2010, doi: 10.1038/nature09098.

WGIIAR5_SPM_TS_Volume_fr-1.pdf." Accessed: Nov. 16, 2022. [Online]. Available:

Z. Zhongming, L. Linong, Y. Xiaona, Z. Wangqiang, and L. Wei, "AR6 climate change 2021: The physical science basis," 2021.

Sites internet

<https://www.ansd.sn/ressources/ses/SES-Kedougou-2014.pdf>

https://www.cairn-int.info/article-E_NSS_234_0331--dengue-a-complex-disease.htm

PNA-FEM

PLAN NATIONAL D'ADAPTATION DU SENEGAL



PROJET D'APPUI AU PLAN NATIONAL D'ADAPTATION DU SENEGAL

MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT, DU DEVELOPPEMENT DURABLE ET DE LA TRANSITION ECOLOGIQUE

Route Des Peres Maristes X Parc Forestier Hann, Bp : 4055 Dakar
Tel : 77 090 60 60 - Email: pna femsenegal@gmail.com

Nous suivre

