

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

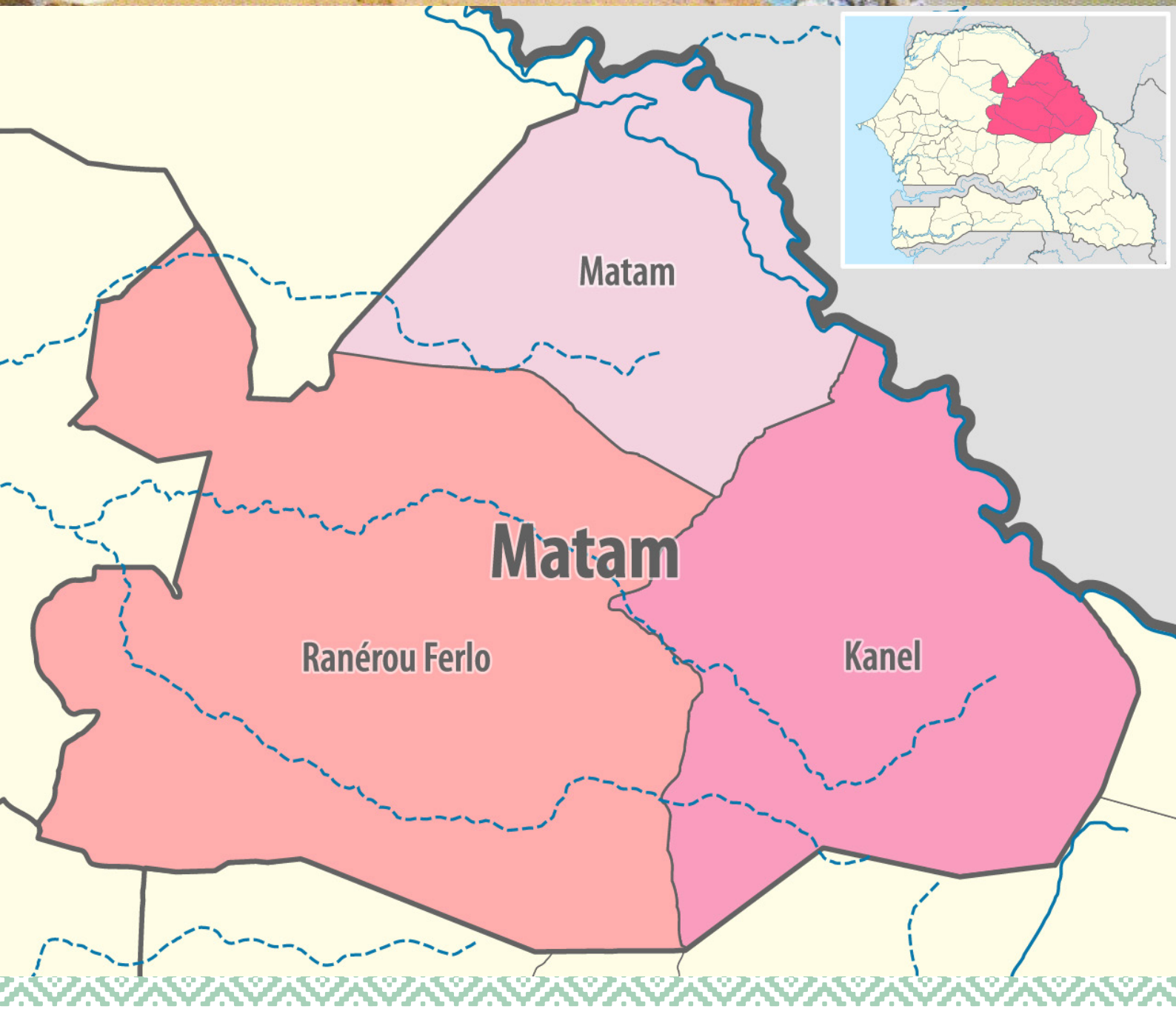
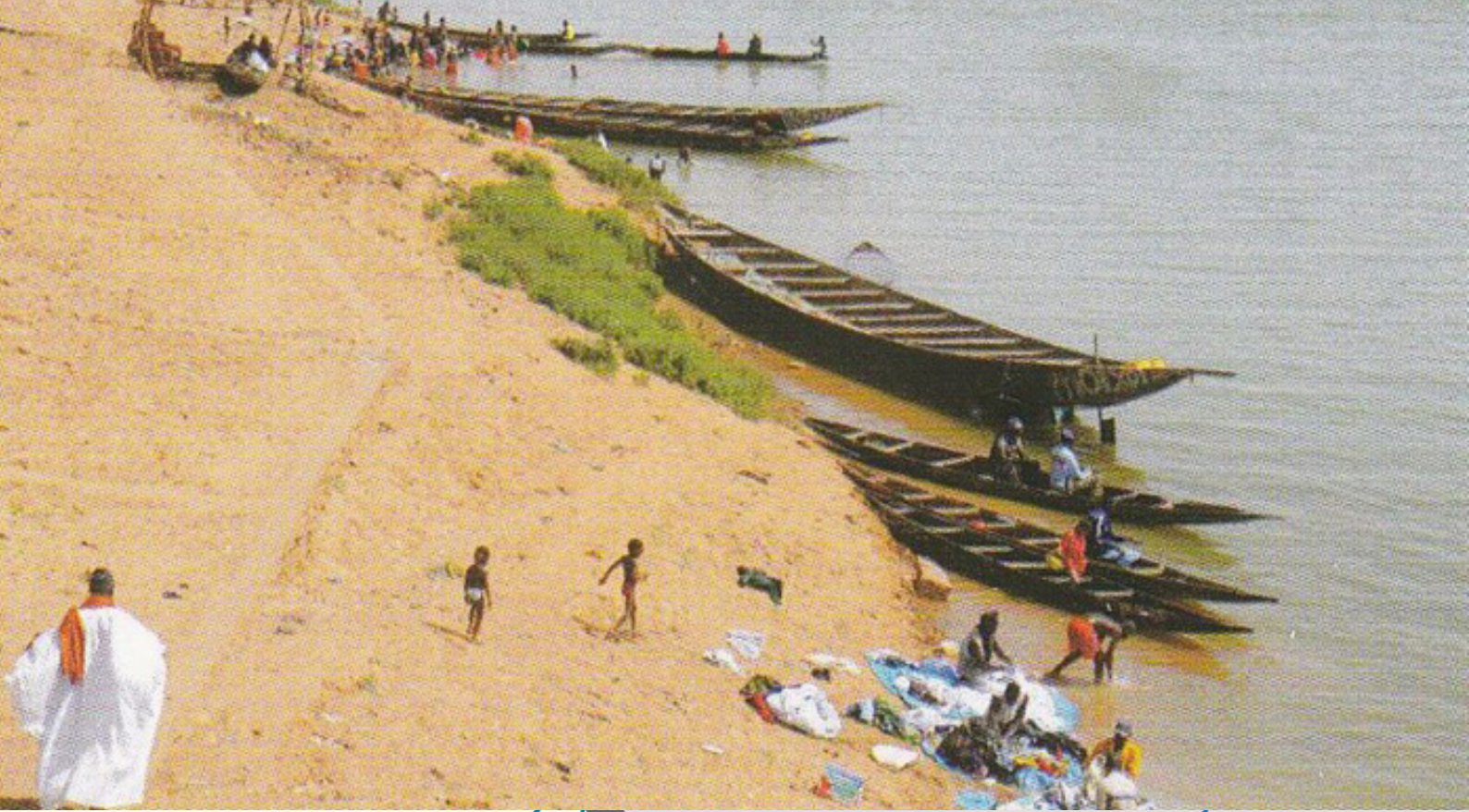
Etude de vulnérabilité approfondie aux changements
climatiques des secteurs de l'agriculture de la santé,
des infrastructures de transport terrestre et des inondations

Région de MATAM



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 maraichères 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, École 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'Élevage
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 Matam	10
1.1.3. Phase 3 : Évaluation participative de la vulnérabilité (collecte de données)	11
1.2. Obstacles et lacunes rencontrées	11
2. Présentation de la région de Matam	12
2.1. Situation géographique et administrative	12
2.2. Situation biophysique	12
2.3. Situation socio-économique	13
2.4. Contexte climatique	16
3. État des lieux des connaissances scientifiques sur les changements climatiques dans la région de Matam	18
3.1. Secteur de l'agriculture	18
3.2. Secteur des inondations	19
3.3. Secteur des infrastructures	21
3.4. Secteur de la santé	22
4. Résultats de l'évaluation participative de la vulnérabilité	23
4.1. Secteur de l'agriculture	23
4.1.1. Vulnérabilité actuelle	23
4.1.1.1. Risques climatiques identifiés	23
4.1.1.2. Impacts des changements climatiques sur le secteur agricole	25
4.1.1.3. Analyse de la sensibilité globale	27
4.1.2. Vulnérabilité future	28
4.1.2.1. Projection climatique sur la pluviométrie et la température	28
4.1.2.2. Analyse de la sensibilité future du secteur agricole	29
4.1.2.2.1. Projection et écarts de rendements	29
4.1.2.2.2. Analyse des facteurs de vulnérabilité future	31
4.2. Secteur de la santé	32
4.2.1. Vulnérabilité actuelle	32
4.2.1.1. Impacts sanitaires des risques identifiés	32
4.2.1.2. Analyse de sensibilité globale	32
4.2.2. Vulnérabilité future	33
4.2.2.1. Analyse de la sensibilité future du secteur de la santé : Modélisation de quelques maladies prioritaires de l'étude	33
4.2.2.2. Modélisation de l'incidence du paludisme au Sénégal	34
4.2.2.3. Modélisation de la capacité vectorielle d'Aedes aegypti : effets de la température sur la dengue à Matam	35
4.2.2.4. Analyse statistique pour les maladies non transmissibles sensibles aux vagues de chaleur : Variabilité spatio-temporelle de l'indice de confort à Matam	36
4.3. Secteur des inondations	38
4.3.1. Vulnérabilité actuelle	38
4.3.1.1. Causes des inondations	38
4.3.1.2. Impacts des inondations	39
4.3.2. Vulnérabilité future	40
4.3.2.1. Facteurs de vulnérabilité et projections	40

4.3.2.1.1.	<i>Précipitations annuelles</i>	40
4.3.2.1.2.	<i>Ruissellements annuels</i>	43
4.3.2.1.3.	<i>Débits annuels</i>	47
4.3.2.2.	<i>Synthèse de la vulnérabilité future</i>	50
4.3.2.3.	<i>Caractéristiques des vulnérabilités futures à Matam.</i>	52
4.4.	Secteur des infrastructures	53
4.4.1.	Vulnérabilité actuelle	53
4.4.1.1.	<i>Évaluation participative de la vulnérabilité</i>	53
4.4.1.2.	<i>Impacts des aléas climatiques sur les infrastructures routières</i>	54
4.4.1.3.	<i>Facteurs aggravant les impacts des risques climatiques</i>	55
4.4.2.	Vulnérabilité future	55
4.4.2.1.	<i>Analyse de la vulnérabilité future aux pluies extrêmes</i>	55
4.4.2.2.	<i>Analyse de la vulnérabilité future aux températures élevées</i>	56
4.5.	Analyse intégrée des résultats de l'évaluation sectorielle de la vulnérabilité	56
5.	Mesures d'adaptation sectorielles proposées	57
5.1.	Secteur de l'agriculture	57
5.2.	Secteur de la santé	60
5.3.	Secteur des inondations	63
5.3.1.	<i>Critères de priorisation des options d'adaptation aux inondations</i>	63
5.3.2.	<i>Priorisation des options d'adaptation</i>	63
5.4.	Secteur des infrastructures	64
Conclusion		65
Annexe : Bibliographie		66



Liste des illustrations

Tableaux

Tableau 1 : Évolution de la population de la région de Matam de 1976 à 2019.....	13
Tableau 2 : Cause des inondations selon les localités dans la région de Matam.....	19
Tableau 3 : Stratégies prés hivernal de lutte contre les impacts des inondations dans la région de Matam	20
Tableau 4 : Maladies prioritaires climato-sensibles dans la région de Matam.....	22
Tableau 5 : Risques climatiques et non climatiques identifiés et leurs impacts sur l'agriculture	23
Tableau 6 : Impacts des risques climatiques identifiés sur les cultures.....	25
Tableau 7 : Impacts des risques climatiques identifiés sur les sols.....	25
Tableau 8 : Impacts des risques climatiques identifiés sur l'Élevage	26
Tableau 9 : Impacts des risques climatiques identifiés sur la pêche	26
Tableau 10 : Impacts des risques climatiques identifiés sur la foresterie	27
Tableau 11 : Matrice de sensibilité de la région de Matam.....	28
Tableau 12 : Projection température et précipitation aux horizons 2035 (2020-2050) / 2050 (2035-2065)	29
Tableau 13 : Risques climatiques identifiés et leurs impacts sur la santé.....	32
Tableau 14 : Matrice de sensibilité de la région de Matam.....	33
Tableau 15 : Synthèse de la vulnérabilité future Inondation	50
Tableau 16 : Caractéristiques des vulnérabilités futures	52
Tableau 17 : Principales composantes des infrastructures routières relevées par les spécialistes	53
Tableau 18 : Matrice d'exposition des types d'infrastructures aux risques climatiques notés de 1 à 5	54
Tableau 19 : Principaux impacts des risques climatiques sur les routes revêtues.....	54
Tableau 20 : Principaux impacts des risques climatiques sur les routes non revêtues.....	55
Tableau 21 : Principaux impacts des risques climatiques sur les ouvrages d'art et d'assainissement (OAA)	55
Tableau 22 : Écarts des pluies extrêmes entre les périodes 1981-2010 et 2031-2060, 2071-2100	56
Tableau 23 : Les stratégies ou mesures d'adaptation identifiées en fonction des impacts biophysiques	57
Tableau 24 : Matrice de priorisation des options/stratégies d'adaptations identifiées	59
Tableau 25 : Les stratégies ou mesures d'adaptation identifiées en fonction des impacts sur la santé	60
Tableau 26 : Matrice de priorisation des options/stratégies d'adaptations identifiées	62
Tableau 27 : Les options d'adaptation privilégiées sont les suivantes	63

Figures

Figure 1 : Répartition interannuelle de la pluviométrie au niveau de la région de Matam	16
Figure 2 : Températures moyennes mensuelles de 1961 à 2010 à la station de Matam	17
Figure 3 : Projections de l'évolution du rendement de certaines cultures par rapport aux années de référence 1995 et 1998	19
Figure 4 : Évolution des risques climatiques à Matam de 1980 à 2020, A) Localisation de la zone d'étude Matam, B) Cumul pluviométrique, C : l'intensité des précipitations et D : le nombre de périodes sèches du 1 Juillet au 30 Septembre	24
Figure 5 : Indice standardisé des précipitations (ISP) de 1981 à 2020 à Matam	24
Figure 6 : 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.....	29
Figure 7 : 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.	30
Figure 8 : Écarts de rendements du mil, maïs et du sorgho aux horizons 2035 et 2050, par rapport à la période de référence 1981-2010.....	31
Figure 9 : Corrélation entre le rendement des cultures et la pluviométrie et la température d'ici 2050	31
Figure 10 : Éléments de la biologie du vecteur pouvant être impacté par des variables climatiques.....	34

Cartes

Carte 1 : Localisation de Matam	12
Carte 2 : Distribution spatiale de l'incidence du paludisme à Matam 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.....	35
Carte 3 : Distribution spatiale de la rVc (capacité vectorielle relative) à Matam 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 4 : Distribution spatiale de classes d'indice de confort saisonnier (IC) à Matam pour a-d) période historique (1985-2014), et e-p) pour le futur lointain (2051-2080) pour les scénarios SSP12.6, SSP245, SSP585 des modèles d'ensemble des CMIP6	37
Carte 5 : Localités et communes concernées par les inondations.....	38
Carte 6 : Indicateur précipitation (moyenne annuelle) (RCP 4.5) 2011-2040.....	40
Carte 7 : Indicateur précipitation (moyenne annuelle) (RCP 4.5) 2041-2070	41
Carte 8 : Indicateur précipitation (moyenne annuelle) (RCP 4.5) 2071-2100	42
Carte 9 : Indicateur précipitation (moyenne annuelle) (RCP 8.5) 2011-2040	42
Carte 10 : Indicateur précipitation (moyenne annuelle) (RCP 8.5) 2041-2070	43
Carte 11 : Indicateur précipitation (moyenne annuelle) (RCP 8.5) 2071-2100	43
Carte 12 : Indicateur ruissellement (moyenne annuelle) (RCP 4.5) 2011-2040	44
Carte 13 : Indicateur ruissellement (moyenne annuelle) (RCP 4.5) 2041-2070	44

Carte 14 : Indicateur ruissellement (moyenne annuelle) (RCP 4.5) 2071-2100	45
Carte 15 : Indicateur Ruissellement (moyenne annuelle) (RCP 8.5) 2011-2040	45
Carte 16 : Indicateur Ruissellement (moyenne annuelle) (RCP 8.5) 2041-2070	46
Carte 17 : Indicateur Ruissellement (moyenne annuelle) (RCP 8.5) 2071-2100	46
Carte 18 : Indicateur Débit d'eau (moyenne annuelle) (RCP 4.5) 2011-2040	47
Carte 19 : Indicateur Débit d'eau (moyenne annuelle) (RCP 4.5) 2041-2070	47
Carte 20 : Indicateur Débit d'eau (moyenne annuelle) (RCP 4.5) 2071-2100	48
Carte 21 : Indicateur Débit d'eau (moyenne annuelle) (RCP 8.5) 2011-2040	48
Carte 22 : Indicateur Débit d'eau (moyenne annuelle) (RCP 8.5) 2041-2070	49
Carte 23 : 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, du fait de 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 diverse nature 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 Matam 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

Cette étude de vulnérabilité a été faite grâce à une approche participative impliquant 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 en effet, été associés aux différentes étapes du processus d'élaboration du Plan National d'Adaptation dans la région de Matam, 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 des différentes parties prenantes au projet au niveau de la région. L'organisation de l'atelier de lancement devrait 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 de leur territoire 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 Matam

L'élaboration du rapport sur l'état des lieux des connaissances scientifiques sur les changements climatiques dans les secteurs ciblés (agriculture, santé, infrastructures, inondations) avait 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 Matam 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 Matam. 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 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 de son 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 et lacunes rencontrées

La question de la disponibilité et de la fiabilité de l'information climatique, à des degrés divers, se pose dans tous les secteurs ciblés au niveau de la région de Matam pour étayer la réalité des changements climatiques. Les données nécessaires pour ce faire demeurent limitées 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-il difficile de disposer d'études approfondies de vulnérabilité sur les secteurs ciblés.

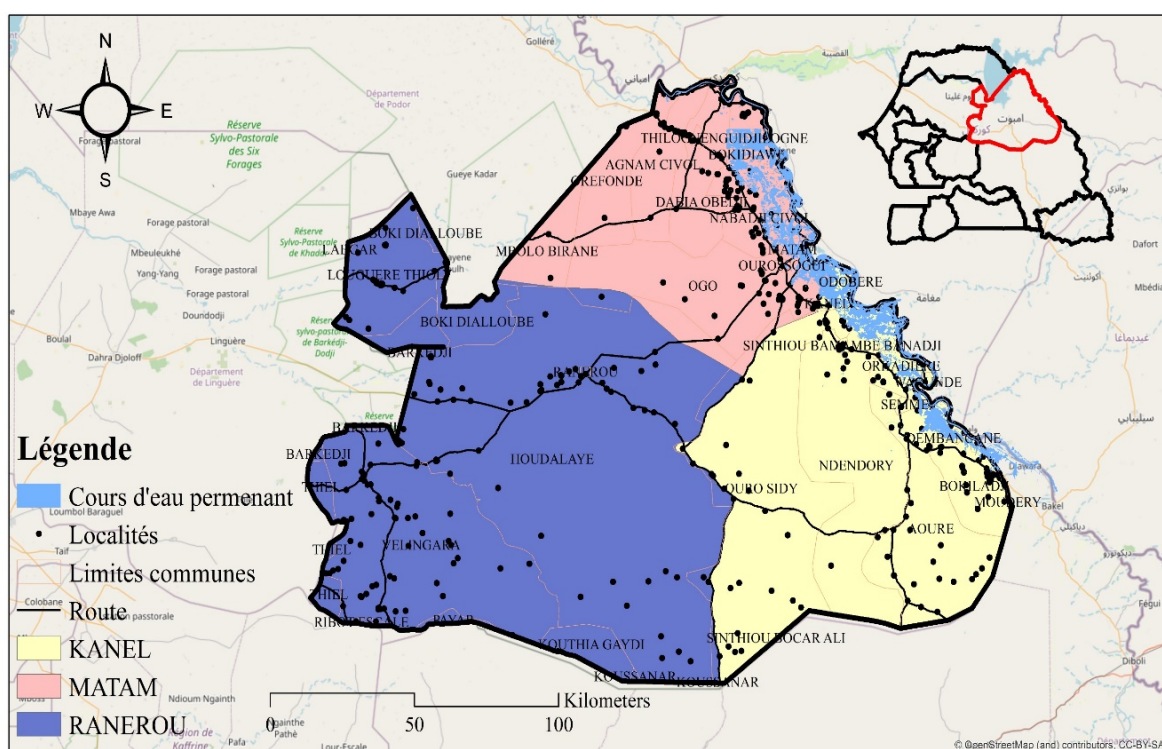
2. PRÉSENTATION DE LA RÉGION DE MATAM

2.1. Situation géographique et administrative

Située à 700 km de Dakar, la région de Matam comprend trois (3) départements (Matam, Kanel et Ranérou Ferlo). Elle couvre une superficie de 29 616 km² soit 1/7 du territoire national. C'est la deuxième région la plus vaste du pays après celle de Tambacounda. Des 3 départements, Ranérou-Ferlo est de loin le plus vaste avec 15 101 km², suivi de Kanel qui s'étend sur 8 786 km² et Matam qui fait 5 729 km².

Le fleuve Sénégal borde la région sur toute sa partie orientale et septentrionale avec ses principaux défluent que sont le Diamel et le Dioulol. À ceux-là s'ajoutent de nombreux marigots, mares temporaires et permanents disséminés dans la région. La mise en service des barrages de Diama et Manantali aura contribué, de toute évidence, à l'augmentation du potentiel en eau dans la zone. Les eaux souterraines sont contenues dans les nappes phréatiques et dans les nappes maestrichtiennes. Ces deux aquifères sont généralisées sur toute l'étendue de la région à l'exception de la zone du socle (communauté rurale de Bokiladji).

La région de Matam est située entre les isohyètes 300mm et 500mm avec des pointes de 600 mm parfois enregistrées dans sa partie méridionale. Le relief est relativement plat par rapport au reste du pays et est caractérisé par une vaste plaine incisée de vallées.



Carte 1 : Localisation de Matam

2.2. Situation biophysique

La région de Matam est située dans la zone agro-sylvopastorale du pays et comprend trois zones éco géographiques : le Walo, le Diéri et le Ferlo.

Le Walo correspond à la zone du « Dandé mayo ». C'est la vallée du fleuve Sénégal qui est une zone dépressionnaire et inondable. Le Diéry est la zone intermédiaire et le Ferlo qui occupe la plus grande partie de la région constitue la troisième partie.

On distingue quatre grandes catégories de sols :

- Les sols des cuvettes de décantation (walo) autrement dénommés hollaldé, sont soumis, en l'absence d'endiguement artificiel, à une submersion de longue durée au moment de la crue. Les sols hollaldé sont destinés à la riziculture dans les zones aménagées ou aux cultures de décrue dans les cuvettes naturelles.
- Les sols des levées fluvio-deltaïques (fondé), dont la cote peut atteindre 15 m à Matam, se trouvent ainsi à l'abri des faibles crues. Les sols de fondé sont essentiellement destinés aux productions de diversification.
- Les sols de « falo », sur les berges du fleuve ou des marigots, sont constitués de dépôts actuels, de texture sableuse à sablo-argileuse. Le falo constitue le lit mineur du fleuve ; il est inondé pendant la période des hautes eaux et exondé en étiage. Durant cette période, les populations s'adonnent aux cultures de falo.
- Les sols dunaires (diéri et ferlo sableux) ont une texture essentiellement sableuse (dior). Toutefois, on note quelques poches de sols latéritiques (dans le ferlo et une partie du diéri).

La végétation au niveau des différentes zones éco géographiques de la région est constituée de savanes et de pseudo-steppes arbustives. Une biomasse herbacée très importante y est aussi notée. Ces ressources végétales organisées sous différentes formations constituent l'essence même de la zone écologique du Ferlo ou zone sylvopastorale par excellence. Aussi, les formations forestières qui les regroupent (forêts classées, réserves de faune et réserves sylvopastorales) constituent-elles la dernière bande qui freine l'avancée du désert dans la partie septentrionale du pays.

2.3. Situation socio-économique

La population de la région de Matam était estimée à 680 086 en 2018 et 706 037 habitants en 2019 (Tableau 1). Ces estimations sont basées sur le recensement de 2013 qui avait donné une population de 562 539 habitants. De 2013 à 2014, la population de Matam a connu une augmentation relative de 3,9%, passant de 562 539 habitants à 584 514 habitants. À l'exception de 2002, les taux de croissance enregistrés avant le RGPHAE de 2013 étaient plus faibles. En effet, la population s'élevait à 168 575 habitants en 1976 contre 220 221 habitants en 1988, soit un taux de croissance moyen de 2,25% et à 423 915 habitants en 2002, soit un taux de croissance démographique de 4,79%. De 2002 à 2013, le taux de croissance démographique a connu une hausse de 2,61% (des localités ont été ajoutées à l'ancien département de Matam pour former la région en 2002) ; la population passait de 423 915 habitants en 2002 à 562 539 habitants en 2013 (ANSD/SRSD/Matam 2018).

Tableau 1 : Évolution de la population de la région de Matam de 1976 à 2019

Désignation	RGP 1976	RGPH 1988	RGPH 2002	RGPHAE 2013	Proj. 2014	Proj. 2015	Proj. 2016	Proj. 2017	Proj. 2018	Proj. 2019
Population résidente	168 575	220 221	423 915	562 539	584 519	607 231	630 703	654 981	680 086	706 037
Taux d'accroissement moyen annuel (%)		2,25	4,79	2,61	3,91	3,89	3,87	3,84	3,83	3,82

(Source : ANSD)

La population de la région de Matam est essentiellement rurale (83,09%) avec une densité moyenne de 17 habitants au km² contre 60 habitants / km² sur le plan national. La répartition de cette population dans les 3 départements donne pour Matam 260 376 hbts (48,2%), Kanel 197 390 habitants (41,45%) et Ranérou-Ferlo environ 52 798 habitants (10,3%).

Les communes de Matam, avec 17 615 habitants et Ourosogui 15945 habitants, sont les plus peuplées et les moins peuplées sont celles de Sémmé et Ranérou avec respectivement 5403 habitants et 1566 habitants. L'effectif en décembre 2008 de la population des 3 communautés rurales les plus peuplées parmi les 14 que comptait la région sont : Bokidiawé (56913 habitants), Sinthiou Bamambé (50698 habitants), Nabadji Civol (49262 habitants). Les moins peuplées sont Lougré Thioly (4893 habitants), Vélingara (15 783 habitants), Oréfondé (15961 habitants).

Les principales activités économiques pratiquées sont l'agriculture et l'élevage. La foresterie et la pêche y existent également comme activité de subsistance.

L'activité minière y est pratiquée avec un important gisement de phosphates localisé dans le département de Kanel (Ndendory) ; les réserves sont estimées à plus de quarante millions (40 000 000) de tonnes. Les importantes rentrées de devises issues de l'émigration (4,8% de taux de migration en 2002), permettent à une partie de la population de subvenir à l'essentiel de ses besoins.

L'agriculture : Les cultures sous pluies et irriguées occupent la majeure partie des terres cultivables. Les cultures irriguées et de décrue sont pratiquées dans la vallée du fleuve Sénégal (Dandé Mayo). L'agriculture mobilise plus de 70% de la population répartie comme suit dans les trois départements : 51,29% dans le Kanel, 36,27% dans le Matam et 16,97% dans le Ranérou. L'agriculture régionale demeure très vulnérable et fortement tributaire des aléas climatiques, et ce, malgré l'existence d'un potentiel important de terres fertiles. La mise en service des barrages de Diama et Manantali a permis d'améliorer la maîtrise de l'eau dans la région. Selon les estimations du Plan Directeur de la Rive gauche (PDRG), le disponible de terres irrigables se situerait à 55 000 ha dont près de 10 000 ha déjà aménagés par la SAED, le PRODAM et des privés.

Toutefois, des contraintes entravent encore les performances de l'agriculture régionale qui subit à la fois les contrecoups du dérèglement climatique à travers notamment les déficits pluviométriques, la faiblesse et l'irrégularité des crues ainsi que, l'insuffisance et la vétusté des aménagements hydro agricoles, en raison notamment du coût élevé. Les producteurs locaux fustigent, par ailleurs, le faible niveau de mécanisation agricole, l'inadéquation du système de crédit et l'enclavement de certaines zones de production, et ce, malgré les efforts faits dans le domaine par certains projets et programmes (PNIR, PRODAM, SAED...).

L'élevage : la population d'éleveurs est estimée à 20,09% dans le Kanel, 15,92% dans le Matam et à 72,23% dans le Ranérou. La région de Matam possède un potentiel pastoral considérable qui lui confère une vocation de zone d'élevage par excellence. Ce cheptel est réparti dans tout le territoire régional au niveau des trois zones écologiques que sont :

- le Walo où l'on peut pratiquer l'intégration agriculture/élevage et qui a un potentiel considérable en sous-produits agricoles ; c'est une zone propice à l'intensification des productions animales ;
- le Diéri, zone à pâturages précaires mais aussi à forte densité humaine qui constitue la zone tampon entre le Walo et le Ferlo. On y compte de grands propriétaires de bétail ;
- le Ferlo ou haut Diéri qui est la zone des grands espaces riches en pâturage herbacé et aérien. Cette zone faiblement peuplée constitue la zone d'élevage extensif mais aussi la zone de refuge du bétail pendant la saison sèche. Il renferme en grande partie les réserves de faunes et sylvopastorales de la région. Près de 80% de la population de cette zone pratiquent l'élevage.

Le système de conduite le plus répandu est l'élevage extensif traditionnel, fortement marqué par la transhumance, surtout pour les petits ruminants. Du fait de l'effectif du cheptel, l'élevage apparaît comme l'une des plus importantes activités économiques occupant au moins 70% de la population autour d'un capital estimé à cinquante et un milliards (51.000.000.000) de F CFA. Les bovins représentent 30% environ de l'effectif du cheptel tandis que les petits ruminants font 65%. Les équins, asins et camelins font respectivement 2.3%, 10% et moins de 1% de l'effectif total.

La situation sanitaire du bétail reste marquée par la récurrence des épizooties dont les plus fréquentes sont les maladies telluriques telles les Pasteurelloses, le Botulisme, le charbon symptomatique, les maladies parasitaires (parasitoses interne et externe et des hémoparasitoses). Trois maladies restent sous surveillance épidémiologique : la peste bovine provisoirement maîtrisée, la péri pneumonie contagieuse bovine et la fièvre de la vallée du Rift découverte dans la région de Matam en 2002. Pour l'aviculture traditionnelle, la contrainte majeure demeure l'absence

de prévention pour la maladie de Newcastle ou pseudo-peste aviaire qui fait des ravages en milieu rural.

Malgré les années de sécheresse et les pluies hors saison qui ont eu des incidences négatives sur le cheptel, les effectifs ont connu une évolution croissante ces dernières années. Ceci est le résultat, entre autres, des efforts déployés pour l'éradication des maladies infectieuses meurtrières qui affectaient jadis le cheptel.

Le sous-secteur de l'élevage bénéficie d'atouts considérables gravitant autour de :

- l'existence de grands espaces riches en pâturage herbacé et aérien et l'existence de grande quantité de sous-produits agricoles ;
- la disponibilité de l'eau et du fourrage en hivernage ;
- l'amorce d'une dynamique organisationnelle des éleveurs ;
- la présence de projets et programmes d'encadrement ;
- l'existence d'unités pastorales à même de garantir une gestion intégrée et durable de l'activité.

Cependant, l'exploitation du sous-secteur rencontre des contraintes qui freinent le développement de l'élevage dans la région. Ces contraintes tiennent principalement à :

- L'insuffisance des points d'abreuvement du bétail ;
- Les pannes fréquentes et prolongées des forages ;
- La destruction des pâturages naturels par les feux de brousse ;
- Le coût élevé des aliments de bétail manufacturés ;
- L'inexistence d'établissements de transformation des produits animaux conformes aux normes admises ;
- Les difficultés d'accès au crédit pour les éleveurs ;
- L'absence d'abattoirs modernes dans la région ;
- L'insuffisance, la vétusté et l'inégale répartition des parcs à vaccination dans la région.

L'éducation : Le Taux brut de Scolarisation (TBS) en 2007/2008 calculé est de 67,5%. La faible fréquentation des établissements scolaires en milieu rural surtout dans le département de Ranérou-Ferlo (du fait des exigences des activités pastorales entre autres), l'insuffisance des infrastructures scolaires, le nombre élevé d'écoles à cycle incomplet et d'abris provisoires ainsi que la dispersion de l'habitat et la faible densité de la population constituent les principales contraintes du secteur de l'éducation scolaire. Celle-ci cohabite avec l'école coranique qui mobilise une bonne partie des enfants en âge d'être scolarisés.

L'hygiène et l'assainissement : Les systèmes d'assainissement qui existent ici sont dits individuels (fosses, latrines etc.). Cependant la non-généralisation de ces latrines, surtout en milieu rural, oblige une partie de la population à déféquer dans la nature, favorisant ainsi le péril fécal. La collecte des ordures ménagères se fait également de manière individuelle. L'évacuation, en milieu urbain, est effectuée au niveau des multiples dépôts sauvages qui existent à la périphérie et/ou au sein des quartiers. Ces ordures sont aussi utilisées pour remblayer les crevasses créées par les carrières et le passage des eaux. Le seul système utilisé pour le traitement des déchets solides, est le brûlage.

Il faut toutefois signaler l'existence d'une brigade d'hygiène de six (06) agents qui se déploient difficilement pour faire appliquer correctement le code de l'hygiène. En général, les actions menées portent sur la recherche et la constatation des infractions, la visite des concessions et des établissements recevant du public, des activités d'information, d'éducation et de communication axées sur l'hygiène du milieu et des denrées alimentaires, l'approvisionnement en eau, la promotion des moustiquaires imprégnées, le PEV, la prévention des IST /Sida etc.

Les principales contraintes du secteur peuvent se résumer à :

- L'insuffisance des structures d'encadrement (01 Brigade d'hygiène pour toute la région);
- Le déficit en personnel d'encadrement ;

- L'insuffisance des moyens d'intervention de la brigade d'hygiène (la plupart du matériel de travail et des moyens logistiques sont en panne) ;
- La faiblesse du réseau d'évacuation des eaux pluviales ;
- L'absence de réseau d'évacuation des eaux usées ;
- La faible généralisation des latrines ;
- La léthargie des organisations communautaires de base et leur faible implication ((ASC, GPF, Comités de lutte contre le paludisme etc.) dans les opérations d'assainissement, de sensibilisation ;
- L'absence de système opérationnel de collecte, de traitement, d'évacuation des ordures ménagères.

Accès à l'eau potable : Une part minime des ménages de la région (essentiellement les citadins et les villages situés en bordure de la Route Nationale n° 2) ont accès au réseau de distribution régulière d'eau potable. C'est dire que les populations de la région s'approvisionnent pour la plupart à partir des puits, forages, voire directement dans les points d'eau naturels (marigots et mares). Compte tenu des insuffisances notées dans le système d'assainissement, cette situation tend à favoriser le développement des maladies et épidémies surtout pendant les inondations qui sont courantes dans la région.

2.4. Contexte climatique

La Région de Matam est située au nord du Sénégal, dans la zone sahélienne. La saison des pluies se caractérise par un nombre de jours de pluies qui ne dépasse pas 31 jours par an. L'évolution de la pluviométrie montre une grande variabilité d'une année à l'autre avec une première phase jusqu'aux années 1999 marquée par un IPS < 0 témoin de conditions sèches. À partir des années 2000 Une seconde phase est notée montrant une forte variation des niveaux pluviométriques (Figure 1).

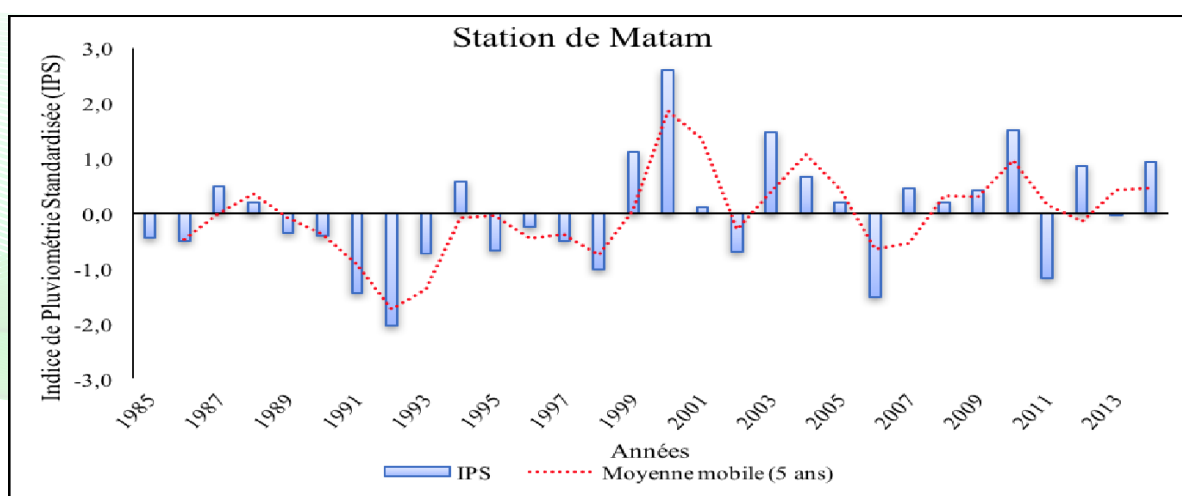


Figure 1 : Répartition interannuelle de la pluviométrie au niveau de la région de Matam

Source : Migration et autonomisation des femmes en contexte de changement climatique : enjeux et défis à Wendu Bosséabé (Matam), rapport d'étude PRISE.

Le climat de la région est également caractérisé par une période de hautes températures qui dure cinq (05) mois (de février à juin) avec des maxima qui atteignent plus de 45° C. L'intensité et la durée de cette période s'expliquent en partie par l'influence du désert mauritanien, qui redistribue des poussières sur toute la zone du Dande Mayo (Ba, 2018). La saison froide va de juillet à janvier avec des températures variant entre 16 et 30° C. Cette saison concerne la saison des pluies de juillet à septembre où l'humidité du sol et de l'air atténue la chaleur et la période de novembre à février qui correspond à l'hiver (Figure 3). La température moyenne régionale est estimée à 38,2°C. Il faut aussi noter que cette moyenne cache de fortes disparités si l'on sait que la région enregistre plusieurs fois des températures qui sont généralement supérieures à 45°C. Les caractéristiques des températures sont accentuées par une insolation très forte avec une moyenne de 12 heures entre les mois d'avril et de mai (CR-Ogo, 2012).

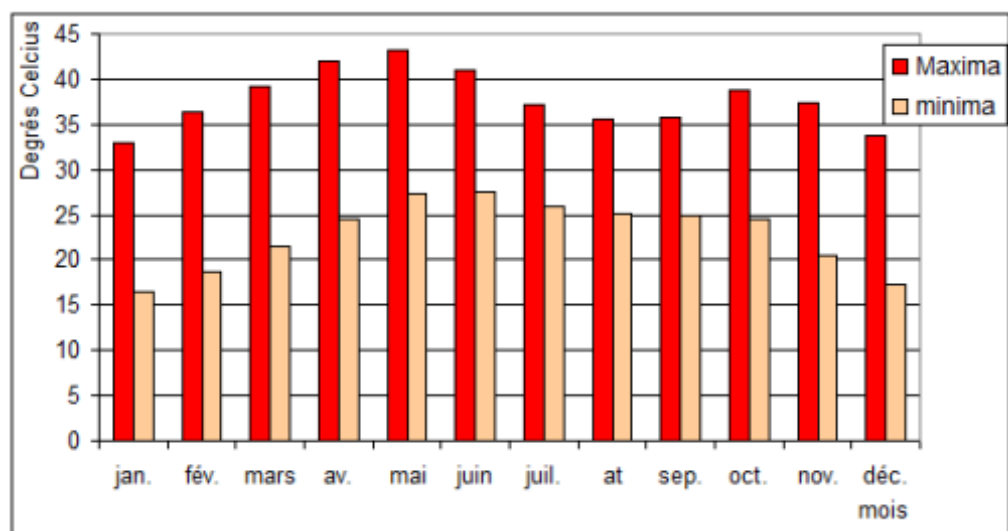


Figure 2 : Températures moyennes mensuelles de 1961 à 2010 à la station de Matam

La région connaît une humidité relative avec une évolution en dent de scie. La plus faible valeur atteinte est celle de 1998 avec 42% et la plus forte valeur correspond à celle de 2000 ; ce qui pourrait s'expliquer par les fortes pluies enregistrées cette année (ANSD/SRSD/Matam, 2018).

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

L'analyse de la documentation disponible au niveau de la région de Matam, 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 Matam subit les effets pervers des changements climatiques. Les précipitations, et dans une moindre mesure la température, limitent la production agricole dans toute l'étendue de la région. Dans le Nord, les niveaux de précipitations annuelles moyennes sont inférieurs aux besoins pour une croissance optimale du niébé, du sorgho, du mil, du maïs et de l'arachide, principales spéculations de la région. La variation considérable du calendrier des précipitations est un autre facteur qui accentue la volatilité des rendements dans cette sous-zone, où les cultures sont exploitées plus près de leurs seuils climatiques. Une modélisation effectuée par Miller et al. (2014) montre que, historiquement, les variations climatiques ont affecté la dynamique végétative des pâturages plus fortement qu'elles n'ont affecté les rendements des cultures. Sur la base de scénarios climatiques approximatifs, une étude agronomique a conclu que pour toutes les cultures considérées, l'impact des changements climatiques annoncé serait significatif à tous les stades de développement des plantes, et plus significatif à la germination et au début de la levée (les stades pendant lesquels les plantes sont les plus vulnérables). Ce qui entraînerait probablement des dommages à tous les stades du développement des plantes et affaiblirait la plante de manière irréversible, réduisant ainsi sa capacité à atteindre un rendement maximal, de même que la qualité de la récolte.

Les conséquences du changement et de la variabilité climatiques ont des répercussions sur les activités agropastorales à-travers :

- une baisse des rendements en arachide, sorgho et niébé ;
- un décalage et un raccourcissement de la période favorable pour certaines cultures maraîchères comme la tomate, l'oignon, la pomme de terre et le haricot vert, avec les conséquences que cela peut avoir sur les productions ;
- la dégradation avancée des ressources naturelles avec des problèmes d'érosion et de dégradation des sols ;
- une insatisfaction des besoins en eau surtout en période de fortes chaleurs et les problèmes de disponibilité et de qualité des fourrages pour le cheptel et plus particulièrement pour l'élevage transhumant ;
- l'apparition de nouvelles pathologies affectant le cheptel et les cultures.

Une modélisation des rendements des cultures les plus pratiquées dans le Nord-Est du Sénégal a été réalisée en utilisant CROPWAT et sur des projections futures (2030 et 2050) avec des scénarii d'années sèches, normales et déficitaires. Sur la période historique, on note une baisse du rendement potentiel des différentes cultures pendant les années sèches et une hausse pendant les années normales et humides (Figure 3). En considérant les scénarios de changement climatique, une baisse des rendements potentiels est globalement attendue en scénario sec et globalement excédentaire en scénario humide (Miller et al. 2014).

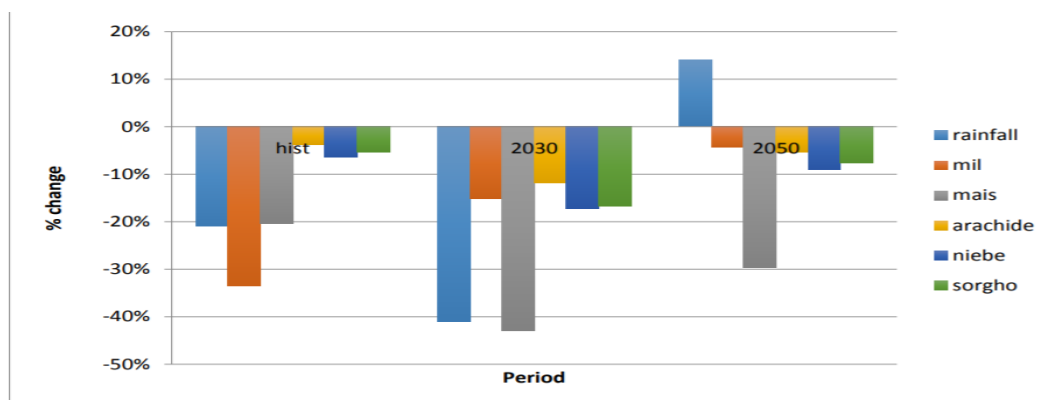


Figure 3 : Projections de l'évolution du rendement de certaines cultures par rapport aux années de référence 1995 et 1998

Les pratiques identifiées comme réponses aux impacts des changements et de la variabilité climatiques peuvent être regroupées dans les cinq catégories proposées par Agrawal (2011) :

- innovation agricole : développer ou adopter de nouvelles pratiques, technologies ou stratégies de gestion pour gérer les risques de production tout en maintenant ou en augmentant la productivité ;
- mobilité : déplacement de l'emplacement des actifs productifs, tels que la main-d'œuvre familiale, les troupeaux ou les cultures ;
- stockage : accumulation d'actifs, tels que le bétail, la nourriture ou l'argent, dans lesquels on peut puiser en cas d'interruption de la production ;
- mise en commun : investir dans des ressources détenues en commun, telles que la gestion des ressources naturelles ou les réseaux et institutions sociaux ;
- marchés : utiliser l'échange comme une source potentielle d'accumulation d'actifs, ainsi que pour acquérir divers biens en cas de besoin ;
- diversification : investir dans des activités productives présentant différentes sources de risque, comme la plantation de plusieurs cultures ou l'élevage de bétail ;
- cultures multiples ou l'ajout de l'élevage au portefeuille d'un ménage.

3.2. Secteur des inondations

Le Tableau 2 ci-dessous montre les facteurs explicatifs des inondations selon les localités dans la région de Matam.

Tableau 2 : Cause des inondations selon les localités dans la région de Matam

Localités	Causes	Observations
Commune de Matam	Situation géographique : plusieurs localités situées le long du fleuve Faible perméabilité du sol : sol de nature argileuse Digue de protection contre les eaux de crue	Localités envahies par les eaux de crues à chaque hivernage Stagnation des eaux de ruissellement Inondation des quartiers situés dans les points bas
Commune d'Ourossogui	Écoulement d'eau assez important dû aux nombreux ravinements de la localité	Stagnation des eaux dans quelques quartiers Inondation des habitations situées dans les axes hydrauliques
Commune de Thilogne	La ville est traversée par une vallée qui reçoit une importante quantité d'eau Ravinements importants Inondation par les eaux de crues	Les habitations au nord de la commune sont menacées par les eaux de crues
Commune de Kanel	Situation géographique : la commune est située sur le versant du fleuve Sénégal	La situation géographique de la commune rend problématique le drainage des eaux de pluies
Village Diandioly	Village traversé par deux vallées	

Localités	Causes	Observations
	Installation des populations sur les axes des cours d'eau et au niveau des points bas	
Village de Diammouguel	Village traversé par une grande vallée au centre et par de petits cours d'eau	Retour des eaux de pluies vers les villages à cause des ponts de la route qui ne permettent pas un écoulement correct
Village de Aouré	Le village est traversé par une grande vallée qui le sépare en deux	
Village de Wendou Bosséabé	Le village est traversé par une grande vallée qui le sépare en deux Installation des habitations au bord des axes hydrauliques	Retour des eaux de pluies vers les villages à cause du pont qui ne permet pas un écoulement correct vers le fleuve

Les impacts majeurs qui découlent de ces inondations sont le plus souvent observés sur les habitations en paillote ou en banco et qui sont les plus endommagées. Les averses créent beaucoup d'effondrement de bâtiments du fait de la nature peu résistante des matériaux. La vitesse d'écoulement et le volume d'eau qui stagne ont un impact sur les fondements et fragilisent les murs.

L'état impraticable des routes est un des impacts les plus significatifs des inondations du fait de la coupure de certains axes routiers comme la route nationale n°2, l'endommagement des ponts entraînant souvent l'isolement de certaines localités.

Globalement les impacts des inondations dans la région de Matam, peuvent se résumer comme suit :

- effondrement de maisons notamment en banco ;
- ruptures de digues de protection ;
- destruction de la route nationale et des ouvrages d'art ;
- accentuation de l'érosion hydrique ;
- endommagement des poteaux électriques (rupture dans l'approvisionnement en électricité) ;
- inondations d'habitations avec perte d'effets vestimentaires et de vivres ;
- inondations de périmètres irrigués avec groupe motopompe emporté par les eaux ;
- accentuation du phénomène d'érosion des berges de Dembankané à Diorbivol ;
- envahissement par endroit des pistes de désenclavement dans le Dandé Maayo (piste Diamel-Oréfondé et piste Navel-Balél) ;
- ravinement des remblais du pont de Bondji ;
- coupures répétées sur le tronçon Ourossogui – Bondji.

Plusieurs stratégies ont été élaborées pour résoudre les problèmes d'inondations dans la région de Matam (Tableau 3).

Tableau 3 : Stratégies prés hivernal de lutte contre les impacts des inondations dans la région de Matam

N°	Localités	Solutions proposées
1	Matam	- Construction de digue-route, - Mur de soutènement -protection biologique
2	Ourossogui	- Aménagement de bassins de rétention et de retenues collinaires, - Construction de canaux d'évacuation d'eau pluviale
3	Thilogne	- Construction de digue de protection - Aménagement d'ouvrages de régulation en amont sur les bassins versants
4	Barga	- Aménagement d'ouvrages de régulation en amont sur les bassins versants
5	Diandioly	- Construction digue-route, - Construction de digue de protection, - Aménagement d'ouvrages de régulation en amont sur les bassins versants - Déplacement et recasement des populations
6	Diammouguel	- Consolidation du pont - Aménagement d'ouvrages de régulation en amont sur les bassins versants
7	Aouré	- Calage du radier existant

N°	Localités	Solutions proposées
		- Aménagement d'ouvrages de régulation en amont sur les bassins versants - Réalisation de pièges à sable
8	Wendou Bosséabé	- Consolidation du pont, - Aménagement d'ouvrages de régulation en amont sur les bassins versants
9	Kanel	- Aménagement de bassins de rétention et de retenues collinaires, - Construction de canaux d'évacuation d'eaux pluviales - Construction de digue de protection,

3.3. Secteur des infrastructures

La position de Matam, à proximité du fleuve Sénégal, expose fréquemment les infrastructures routières aux inondations liées au débordement du fleuve.

En saison des pluies, les pistes latéritiques se transforment en flaques d'eau boueuses qui les rendent impraticables (Ba., 2010). Les villages du Diéri deviennent inaccessibles et sont coupés de la commune à cause de l'état des routes. (Sall., 2015).

Les mêmes impacts ont été notés par Mbaye (2009) avec l'impraticabilité des routes pendant l'hivernage. Le trafic en direction de la ville est interrompu en saison des pluies ou pendant les périodes de crues. Les déplacements de la population deviennent difficiles et la ville se transforme en une mare parce qu'étant entourée par des digues de tout bord qui la protègent contre les crues du fleuve et empêchent le ruissellement naturel des eaux pluviales vers le fleuve. Les risques de submersion de la route sont liés à plusieurs causes. Du fait de sa position perpendiculaire aux axes de la vallée et autres dépressions, la RN2 constitue une sorte de route-digue qui subit l'assaut répété des eaux de ruissellement pendant l'hivernage. Ce phénomène engendre des coupures répétées sur l'axe routier entraînant le blocage du trafic et l'isolement de la commune pendant de longues périodes.

On note aussi des impacts sur les secteurs d'activités économiques avec les voies d'accès qui sont parfois inaccessibles aux véhicules et aux camions amenant des marchandises. En saison des pluies les pistes sableuses ne sont pas praticables ; ce qui limite les possibilités d'approvisionnement ou d'écoulement les produits en général (Thiam, 2011).

Pour faire face aux risques de submersion de la route du fait de la proximité du fleuve Sénégal plusieurs stratégies sont proposées.

Mbaye (2009), propose la mise en place une digue-route qui va ceinturer la ville en prenant en compte la future extension de la commune vers l'ouest, Navel au sud et Diamel au nord. L'installation de station de pompage permettra d'évacuer les eaux en dehors du périmètre communal. Il faudrait aussi penser à construire en amont des bassins versants des ouvrages de régulation des eaux de ruissellement provenant des hautes terres (*Dieri*). A ces ouvrages il faudra ajouter des diguettes construites avec du remblai de terre compacté muni d'un déversoir principal en béton armé mais aussi de bassins de dissipation. Cette solution va permettre de mieux maîtriser les eaux de pluie et de protéger la route nationale de l'érosion.

Dans son étude, Ngueme (1994) notait l'entretien régulier des routes affectées par la crue annuelle.

3.4. Secteur de la santé

La cartographie des maladies climato-sensibles enregistrées entre 2011 et 2021 et l'analyse des paramètres climatiques de la région montrent que Matam, à l'instar de Saint-Louis est fortement touchée par les maladies telles que la dengue, la méningite, la fièvre de la vallée du rift (FVR) mais aussi les maladies non transmissibles sensibles aux vagues de chaleur (Tableau 4). Rares sont les études particulières trouvées sur l'impact du climat ou des changements climatiques dans la région. Néanmoins, Ndione et al., 2008 ont étudié la variabilité intra-saisonnière de la pluviométrie et l'émergence de la fièvre de la vallée du rift dans la vallée du fleuve Sénégal.

L'analyse de la variabilité intra-saisonnière de la pluviométrie à Ranérou et Matam, localités ayant enregistré des cas de Fièvre de la Vallée du Rift (FVR) respectivement durant les saisons des pluies 1993, 1994, 1999 et 2002 permet de voir que toutes ces saisons des pluies se terminent par un pic pluviométrique précédé d'une pause assez longue, ayant entraîné par endroits l'assèchement des mares avant leur remise en eau. Ces fortes pluies survenues en fin de saison permettent le maintien à un niveau élevé des populations de *Culex* mais aussi, et surtout, l'éclosion des œufs des *Aedes*. Grâce à la transmission Trans ovarienne, le virus se retrouve dans un environnement doublement favorable avec des possibilités de dispersion et d'amplification. La combinaison de tous ces facteurs laisse à penser que l'émergence de la FVR en fin de saison des pluies est à mettre en relation avec le rythme pluviométrique à ce moment de l'année.

Tableau 4 : Maladies prioritaires climato-sensibles dans la région de Matam

Maladies	Paramètres climatiques	Régions ou parties plus touchées
Dengue	Pluie, température, humidité	Régions du Nord (Matam)
Méningite	Température, humidité, vent et poussière	Régions du Nord (Matam)
FVR	Pluie, température, humidité et vent	Régions du Nord (Matam)
Maladies diarrhéiques	Pluie, température	Régions Nord (Matam)
Maladies non transmissibles sensibles aux vagues de chaleurs	Température, humidité et vent, rayonnement solaire	Régions du Nord : Matam

(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 aux niveaux environnemental et socio-économique. Les acteurs locaux rencontrés ont également proposé et hiérarchisé, en fonction de plusieurs critères, un plusieurs options endogènes pour atténuer ces 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 ; ce sont :

- i. la variabilité spatio-temporelle des pluies ;
- ii. l'érosion (hydrique, éolienne) ;
- iii. la variation des températures ;
- iv. le niveau de variation du fleuve pour les cultures de décrue et
- v. les inondations.

Deux risques non climatiques ont été également identifiés : les ennemis de cultures (les ravageurs) et le non-respect des itinéraires techniques noté partout dans la région.

Les différents risques identifiés affectent toute la région ; s'y ajoutent, la variation du niveau de la mer pour les zones de Kanel et Matam. Les dépressions (entre le Dieri et le Walo) sont, elles, affectées par les inondations. Ces risques entraînent une baisse de la production agricole, une réduction du tapis herbacé, un tarissement précoce des mares, des pertes de terres cultivables, une dégradation des aménagements hydro-agricoles, une réduction de la faune et de la flore, un abandon de parcelles et une recrudescence des zoonoses sur le cheptel (Tableau 5).

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

Risques climatiques	Fréquence	Zone d'impact
Variabilité spatio-temporelle des pluies	Très fréquente	Toute la région
Érosion (hydrique, éolienne)	Fréquente	Toute la région
La variation des températures	Très fréquente	Toute la région
Niveau de variations du fleuve pour les cultures de décrue	Fréquent	Kanel et Matam
Les inondations	Fréquente	Les dépressions (entre le Dieri et le Walo)
Les ennemis de cultures (les ravageurs)	Fréquent	Toute la région
Le non-respect des itinéraires techniques	Peu fréquent	Toute la région

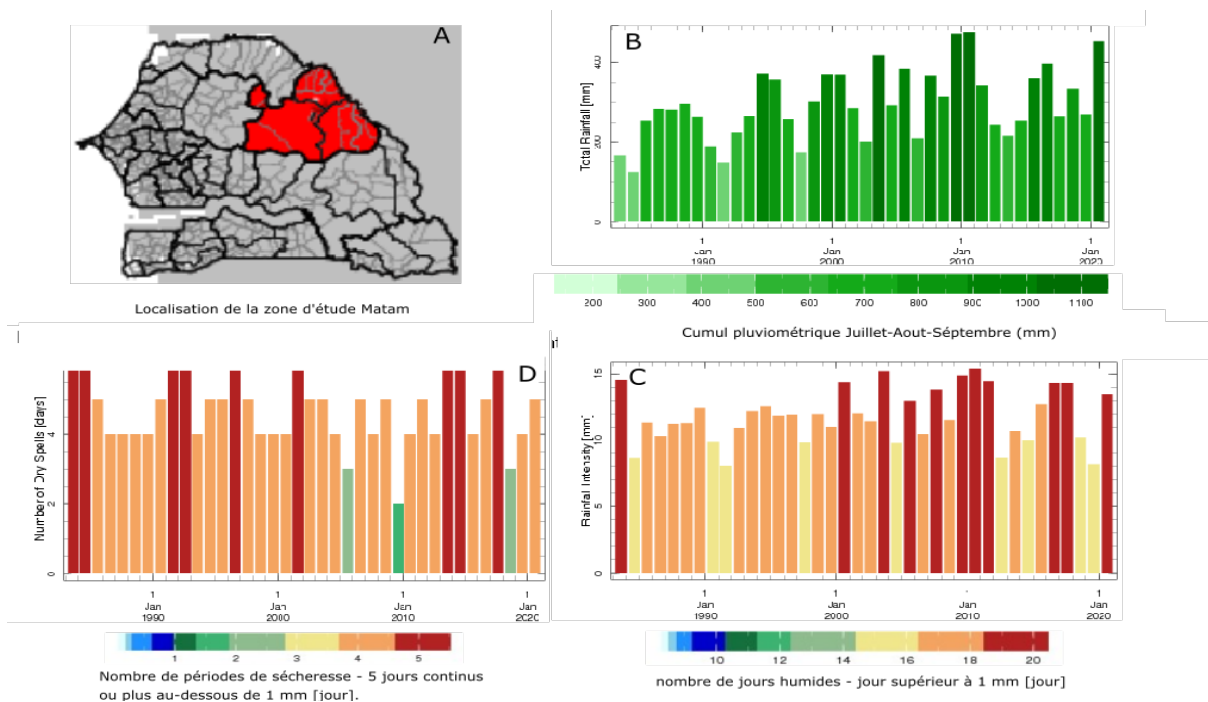


Figure 4 : Evolution des risques climatiques à Matam de 1980 à 2020, A) Localisation de la zone d'étude Matam, B) Cumul pluviométrique, C : l'intensité des précipitations et D : le nombre de périodes sèches du 1 Juillet au 30 Septembre

(Source : Maproom ANACIM <http://213.154.77.59/maproom/>)

L'analyse du cumul pluviométrique à l'échelle de la région de Matam montre une légère tendance globale à une augmentation de la pluviométrie avec une variabilité interannuelle très importante (Figure 4). Cependant, cette quantité de précipitations cumulée (en mm) qui tombe durant la saison (Juillet - Septembre) peut être mal répartie au niveau spatial et temporel. D'une part, cette situation est appréciable avec le nombre de jours humides qui augmente depuis les années 2000 dans la zone. En effet le nombre d'années avec des moyennes journalières de précipitations sur la saison en ne considérant que les jours de pluie seulement ne cesse d'augmenter même si une certaine variabilité est observée. D'autre part, les pauses pluviométriques augmentent. Cette situation montre l'irrégularité des pluies 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 4).

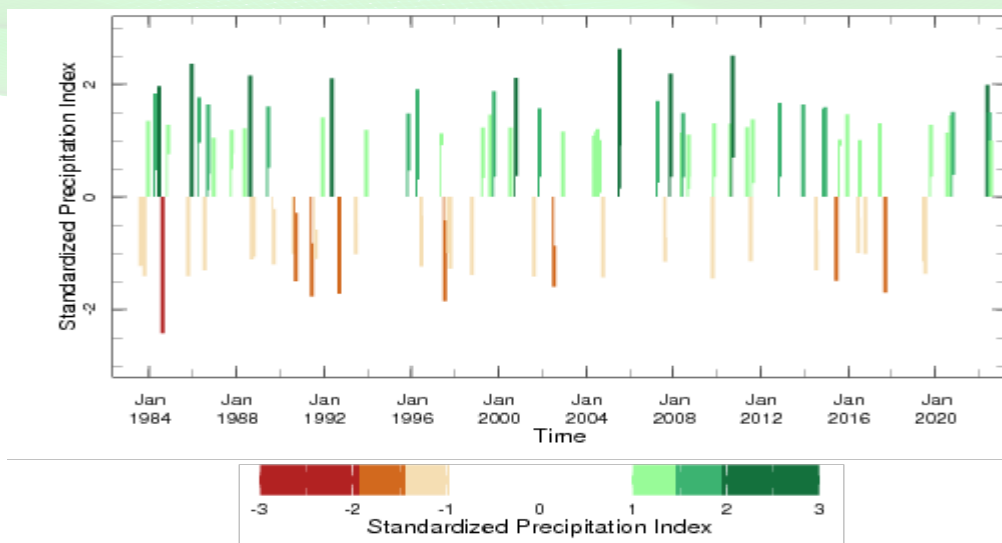


Figure 5 : Indice standardisé des précipitations (ISP) de 1981 à 2020 à Matam
(Source : Maproom ANACIM <http://213.154.77.59/maproom/>)

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. On distingue globalement :

- la baisse de la production agricole ;
- la réduction du tapis herbacé ;
- le tarissement précoce des mares ;
- des pertes de terres cultivables ;
- la dégradation des aménagements hydro-agricole ;
- la perte de faune et de la flore ;
- la raréfaction de la ressource halieutique, mortalité du cheptel ;
- l'impossibilité pour les cultures de boucler leur cycle ;
- l'abandon de parcelles ;
- la recrudescence des zoonoses ;
- la destruction des cultures ;
- la dégradation du sol et baisse de fertilité.

En fonction de chaque culture, du type de sol, des sous-secteurs élevage, pêche et foresterie, ces risques ont des impacts différents.

Impacts sur les cultures : Ainsi sur les cultures un impact négatif sur le développement végétatif par un retard de croissance et le non bouclage du cycle est dû à la variabilité de la pluviométrie. Il y a également inhibition des levés, stress hydrique, augmentation de l'évapotranspiration due à la hausse de température. 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

Risque climatique	Impacts biophysiques sur le cycle de développement (Mil, riz, Sorgho et arachide)	Impacts socio-économiques
La variabilité spatio-temporelle des pluies	Retard de croissance, cycle non bouclé	Baisse de rendement, perte de revenus
Les inondations	Perte de parcelles ; pourrissement de la production ; problème de germination	
L'érosion (hydrique, éolienne...)	Ensablement,	
La variation des températures	Inhibition des levés, stress hydrique, augmentation de l'évapotranspiration	
Le niveau de variations du fleuve	Stress hydrique (floraison, montaison)	

Impacts sur les sols : comme les différentes cultures considérées ici comme des unités d'exposition, les sols de la région de Matam sont aussi exposés aux différentes manifestations climatiques et non climatiques. Ces risques entraînent, entre autres, l'aridité et l'acidification des sols, la réduction de l'activité biologique du sol etc. La région de Matam est fortement exposée à l'érosion qui affecte principalement les berges du fleuve, mais également les inondations qui entraînent l'engorgement des sols et le lessivage (Tableau 7).

Tableau 7 : Impacts des risques climatiques identifiés sur les sols

Risque climatique	Impacts	Impacts socio-économiques
La variabilité spatio-temporelle des pluies	Assèchement, aridité, acidification	Baisse des rendements, réduction des superficies cultivable,
Les inondations	Engorgement, saturation	
L'érosion (hydrique, éolienne...)	Perte de particule fine, réduction de l'activité biologique du sol, compaction, encroutement, lessivage, perte de MO, ensablement des bas-fonds	
La variation des températures	Aridité, diminution de l'activité biologique, perte d'humus, mis à nu du sol	

Risque climatique	Impacts	Impacts socio-économiques
Le niveau de variations du fleuve sur le sol	Érosion des berges, engorgement des sols, lessivage,	

Impacts sur l'élevage : le sous-secteur de l'élevage est fortement impacté par la variabilité pluviométrique qui entraîne la disparition de certaines espèces fourragères, le tarissement des mares, le rétrécissement des zones de pâturage et l'apparition de maladies zoonotiques comme la Fièvre de la Vallée du rift, et la Fièvre Hémorragique Crimée Congo. Ces impacts sont à l'origine d'un manque de protéines animales pour les populations, de la mauvaise qualité et de la cherté de la ressource fourragère (Tableau 8).

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

Risque climatique	Impacts biophysiques sur le cheptel	Impacts socio-économiques
La variabilité spatio-temporelle des pluies	Mauvaise qualité du fourrage, disparition d'espèces fourragères, tarissement précoce des mares,	Manque de protéine animale, cherté de la ressource, mauvaise qualité de la ressource
Les inondations	Apparition de maladies zoonotiques (FVR, FHCC rétrécissement des zones de pâturage, perte d'espèces	
L'érosion (hydrique, éolienne...)	Perte de fourrage, ensablement des mares, perte d'espèces fourragères	
La variation des températures	Forte mortalité chez la volaille en cas de forte température	
Le niveau de variations du fleuve pour les cultures de décrue	Pas de lien	

Impacts sur la pêche : La zone de Matam est une zone de pêche marquée par l'importance des mises à terre de poissons d'eau douce. À cause des inondations, la ressource devient de plus en plus inaccessible (dépôt au fond du fleuve), en plus de l'ensablement et de la disparition des chenaux d'alimentation des mares (Tableau 9). Ces impacts sont à l'origine d'une baisse des revenus des pêcheurs et par conséquent d'une insécurité alimentaire et nutritionnelle importante dans la zone (DAPSA, 2021).

Tableau 9 : Impacts des risques climatiques identifiés sur la pêche

Risque climatique	Impacts	Impacts socio-économiques
La variabilité spatio-temporelle des pluies	Baisse des mises à terre	Baisse des revenus, Insécurité alimentaire et nutritionnelle
Les inondations	Inaccessibilité de la ressource (dépôt au fond)	
L'érosion (hydrique, éolienne...)	Ensablement envasement et disparition des chenaux d'alimentation des mares,	
La variation des températures	Disparition de la biodiversité halieutique	
Le niveau de variations du fleuve pour les cultures de décrue	Non remplissage des mares et marigots pour la disponibilité de la ressource	

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 Matam. Ainsi la variabilité pluviométrique est à l'origine de la réduction et la disparition de certaines espèces forestières et la régression du couvert végétal qui entraîne une diminution de la quantité des produits forestiers non ligneux. L'érosion observée dans certaines parties des terres affecte les ressources forestières et est à l'origine diminution de la productivité, de la perte de biomasse, du déracinement des grands arbres, de la perte de terre arable et d'une disparition des espèces (Tableau 10).

Tableau 10 : Impacts des risques climatiques identifiés sur la foresterie

Risque climatique	Impacts	Impacts socio-économiques
La variabilité spatio-temporelle des pluies	Réduction de la biodiversité, disparition d'espèces protégées	Baisse de valorisation des EFNL, baisse des revenus, impact sur l'écotourisme
Les inondations	Diminution de la régénération	
L'érosion (hydrique, éolienne...)	Diminution de la productivité, perte de biomasse, déracinement des grands arbres, perte de terre arable	
La variation des températures	Stress hydrique, zoonoses,	
Le niveau de variations du fleuve pour les cultures de décrue	Risques inondations	

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'impact**).

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 Matam a montré que la variabilité spatio-temporelle est le facteur climatique qui impacte plus le secteur agricole avec un indice d'impact de 51 (Tableau 11). Les impacts sur les cultures sont nombreux en particulier sur le développement végétatif des cultures, avec des besoins en eau plus importants dus à l'augmentation de l'évapotranspiration. Les inondations sont aussi des facteurs de vulnérabilité importants (avec un indice d'impact de 30) entraînant, entre autres, des inondations des parcelles, un développement accéléré des plantes aquatiques envahissantes telles que le typha mais également le lessivage et dégradation de la structure du sol. L'érosion hydrique et éolienne due aux fortes précipitations mais également la hausse de la température est remarquable dans la zone (Indice d'impact 42). En effet l'érosion a un impact important sur les cultures à travers l'ensablement des parcelles et l'ensevelissement des cuvettes, poussant à un abandon des parcelles cultivées. La forte température a un impact aussi important sur les cultures pluviales notamment à certains stades comme la floraison, causant ainsi des avortements et ou le mauvais remplissage des grains. Ces températures affectent aussi les cultures maraîchères comme la tomate qui est très sensible aux fortes chaleurs. Les niveaux de variation du fleuve ont aussi un impact important.

Parmi les différentes unités d'exposition agricoles, les cultures de sorgho et maïs, les sols et l'élevage sont les unités les plus sensibles aux différents risques identifiés. Les cultures (maïs et sorgho) sont plus impactées par la variabilité pluviométrique et les niveaux de variation du fleuve. Les sols sont plus menacés par l'érosion et l'élevage par la variabilité pluviométrique et la variation des températures. Parmi les groupes d'acteurs, les agriculteurs, les éleveurs et les pêcheurs ont tous le même niveau d'exposition aux risques climatiques. Ceci à cause des différents impacts socio-économiques des risques climatiques notamment les impacts liés aux moyens de subsistances des ménages agricoles.

Tableau 11 : Matrice de sensibilité de la région de Matam

Unités d'exposition	Risque climatique					Indice d'exposition
	La variabilité spatio-temporelle des pluies	Les inondations	Érosions (hydrique, éolienne)	La variation des températures	Le niveau de variations du fleuve	
Services rendus par l'Agriculture						
Riz	3	2	2	3	4	14
Mil	5	2	4	3	1	15
Sorgho/maïs	4	2	3	3	4	16
Arachide	5	2	4	3	1	15
Terres cultivables	3	2	4	4	2	15
Fertilité des sols	3	3	5	3	2	16
Élevage	4	3	4	4	1	16
Pêche	4	2	2	3	4	15
Foresterie	4	2	3	3	2	14
Groupe d'acteurs						
Producteurs	4	3	3	2	3	15
Éleveurs	4	3	3	3	2	15
Pêcheurs	4	2	2	3	4	15
Exploitants forestier	4	2	3	3	2	14
Indice d'impact	51	30	42	40	32	

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 des régions de Matam montre que quel que soit l'horizon et le scénario, le cumul pluviométrique pourrait diminuer (Tableau 12). 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 encore plus importante à l'horizon 2050 avec le scénario RCP8.5. Un écart de pluviométrie de $-22,7 \pm 33,6$ mm est noté à l'horizon 2035 à Matam selon le scénario RCP4.5, alors que le scénario RCP 8.5 prédit un écart jusqu'à $-31,6 \pm 54,6$ par rapport au cumul pluviométrique de la saison de référence.

Quel que soit le scénario et l'horizon considéré, la température va augmenter par rapport à la période de référence. La température connaît une hausse de $1,2 \pm 0,1$ °C par rapport à la période de référence selon le scénario RCP4.5 ; cependant pour le scénario RCP8.5 cette hausse est plus importante de $1,5 \pm 0,1$ °C.

Horizon 2050 : Quel que soit le scénario et l'horizon considéré, la pluviométrie connaîtra une baisse plus importante et la température va également augmenter. En effet, selon le scénario RCP4.5 un écart du cumul pluviométrique jusqu'à $-26,8 \pm 54$ est notée, cet écart est plus important avec le scénario RCP8.5 avec $-49,1 \pm 92,6$. Contrairement à la pluviométrie, la température va plus augmenter, atteignant un écart de $1,6 \pm 0,2$ °C par rapport à la période de référence selon le scénario RCP4.5 et jusqu'à $2,3 \pm 0,2$ °C selon le scénario RCP8.5.

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

Tableau 12 : Projection température et précipitation aux horizons 2035 (2020-2050) / 2050 (2035-2065)

Localité	Matam	
Scénario	rcp45	rcp85
Écart Pluviométrie Horizon 2035 (mm)	-22.7 ± 33,6	-31.6 ± 54,6
Écart Pluviométrie Horizon 2050 (mm)	-26.8 ± 54	-49.1 ± 92,6
Écart Température Horizon 2035 (°C)	1.2 ± 0,1	1.5 ± 0,1
Écart Température Horizon 2050 (°C)	1.6 ± 0,2	2.3 ± 0,2

L'évolution de l'indice de pluie standardisé (IPS) (Figure 6), montre une tendance à la baisse dans le futur, avec des pics d'années extrêmement sèches dans les périodes 2026, 2045 (IPS = > -2). Au-delà de 2050, les projections montrent une recrudescence des événements secs qui pourraient être très prononcés. 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.

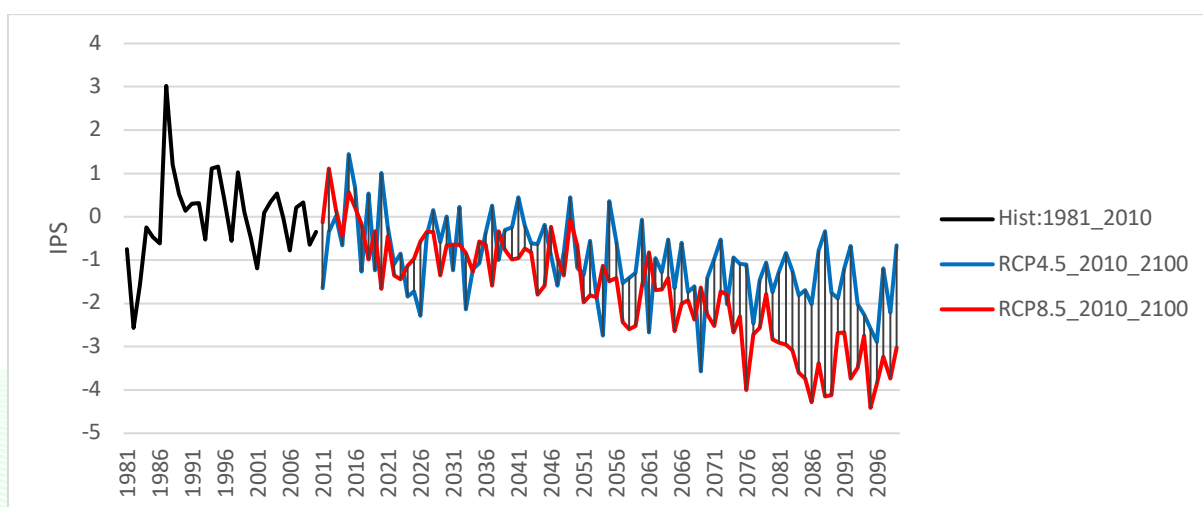


Figure 6 : Évolution de l'indice de pluie standardisée (IPS) de la période historique (noire), du scénario rcp4.5 (bleue) et du scénario rcp8.5 (rouge). Les données utilisées sont celles de la moyenne d'ensemble des 29 simulations des modèles CMIP5 disponibles dans le portail Climap de l'ANACIM

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 de la spéculation maïs sur la période 2010-2050 montre une tendance baissière par rapport à la période de référence (1981-2010) avec une grande variabilité notamment avec les scénarios RCP8.5 (Figure 7). Pour la période de référence, les rendements du maïs tournent autour de 2131 kg/ha, alors la projection avec RCP4.5 est de 1659 Kg/ha en moyenne contre 1479 kg/ha pour RCP8.5. Cette même tendance est notée avec les autres céréales comme le mil (référence : 1196 kg/ha, RCP4.5 : 911 kg/ha, RCP8.5 : 800 kg/ha) et le sorgho (référence : 1306 kg/ha, RCP4.5 : 933 kg/ha, RCP8.5 : 818 kg/ha) qui présentent aussi une baisse.

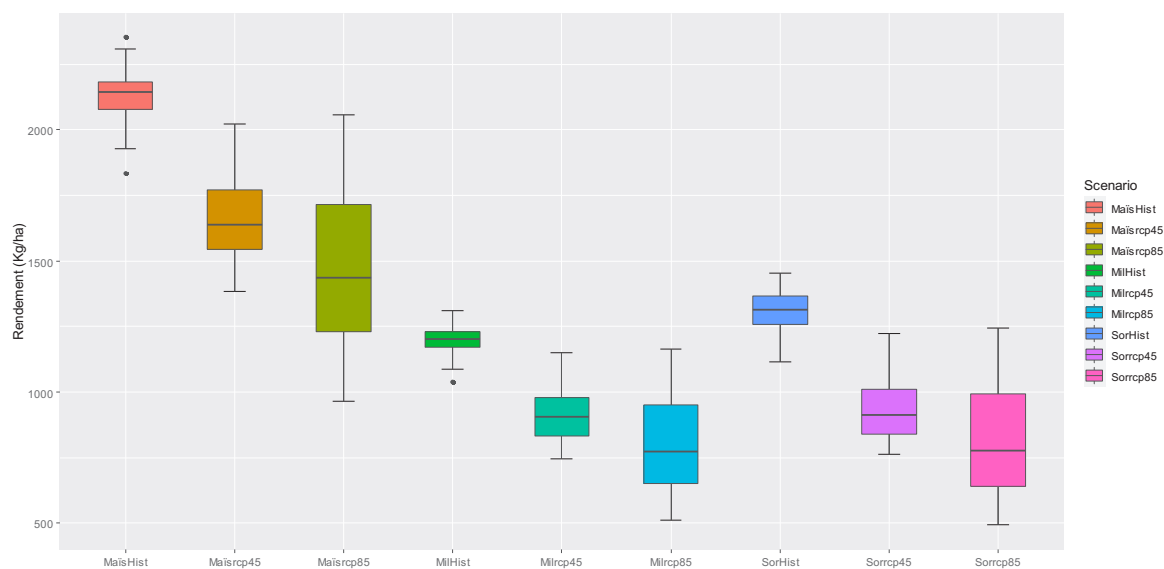


Figure 7 : Évolution des rendements simulés de la période de référence (1981-2010) et projetés suivant les scénarios RCP4.5 et RCP8.5 à l'horizon 2050.

Horizon 2035 : Au niveau variétal les résultats des simulations révèlent qu'à l'horizon 2035, le mil à cycle court sera impacté avec un écart probable de rendement de 25,3% par rapport à la référence, selon le scénario RCP4.5 et 27,3% selon RCP8.5. Le mil à cycle long connaîtra une réduction de 12,6% selon RCP4.5 et 16,6% selon RCP8.5. Le maïs sera aussi impacté avec 20,5% de réduction selon le RCP4.5 et 21,6% suivant RCP8.5 pour la variété à cycle court. La variété à cycle long sera moins impactée avec 16% de réduction selon le scénario RCP4.5 et 20% suivant le scénario RCP8.5. Des trois spéculations de céréales le sorgho est le plus impacté, notamment la variété à cycle court qui enregistre une réduction de 30% suivant les deux scénarios. La variété à cycle long connaît une réduction de 18,4% selon le RCP4.5 et de 21,6% suivant le scénario RCP8.5.

Horizon 2050 : Les mêmes tendances sont notées à l'horizon 2050 mais avec une réduction plus prononcée. En effet, les changements climatiques auront un impact sur les rendements de mil, avec des diminutions de l'ordre de 30,7% pour les variétés à cycle court selon le scénario RCP45, et 37% selon le scénario RCP8.5 (Figure 8). Cette baisse sera aussi notée avec le maïs à cycle court qui peut enregistrer jusqu'à 25% de réduction selon le scénario RCP4.5 et 30% selon le scénario RCP8.5. Le maïs à cycle long sera légèrement moins impacté avec 20,5% de réduction suivant RCP4.5 et 28% suivant le RCP8.5. La variété à cycle court du sorgho est fortement impactée suivant le scénario RCP 4.5 avec 37% et 41% suivant RCP8.5. La même tendance est notée sur la variété à cycle long avec 24% de réduction suivant RCP4.5 et 31,5% suivant le RCP8.5.

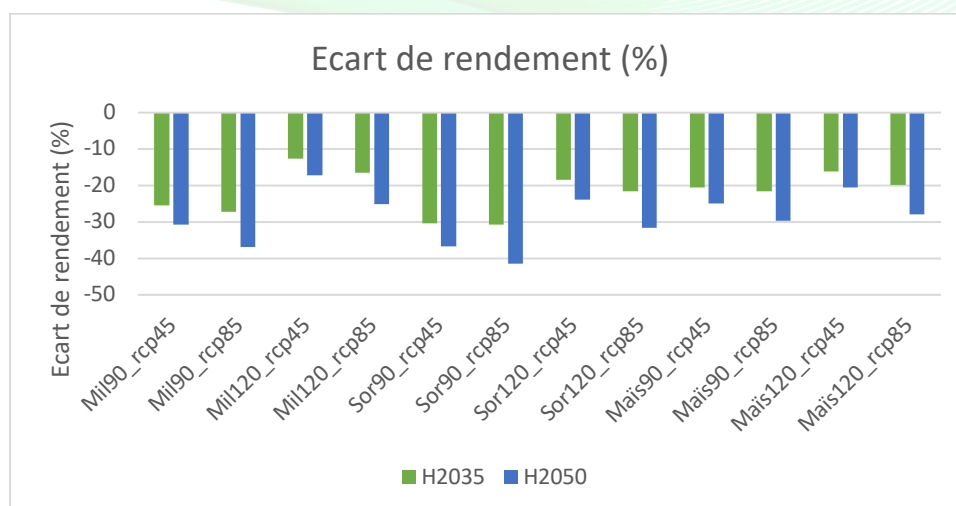


Figure 8 : Écarts de rendements du mil, maïs et du sorgho aux horizons 2035 et 2050, par rapport à la période de référence 1981-2010.

4.1.2.2.2. Analyse des facteurs de vulnérabilité future

Pour la température la relation entre rendement et hausse de la température est plus marquée montrant un impact plus important notamment sur les céréales (Figure 9). Pour les trois céréales, le coefficient de corrélation est supérieur à 0,9, montrant l'effet direct de la température sur les rendements dans le futur. Pour l'arachide cet effet est moins marqué même si elle existe surtout pour la variété Fleur 11.

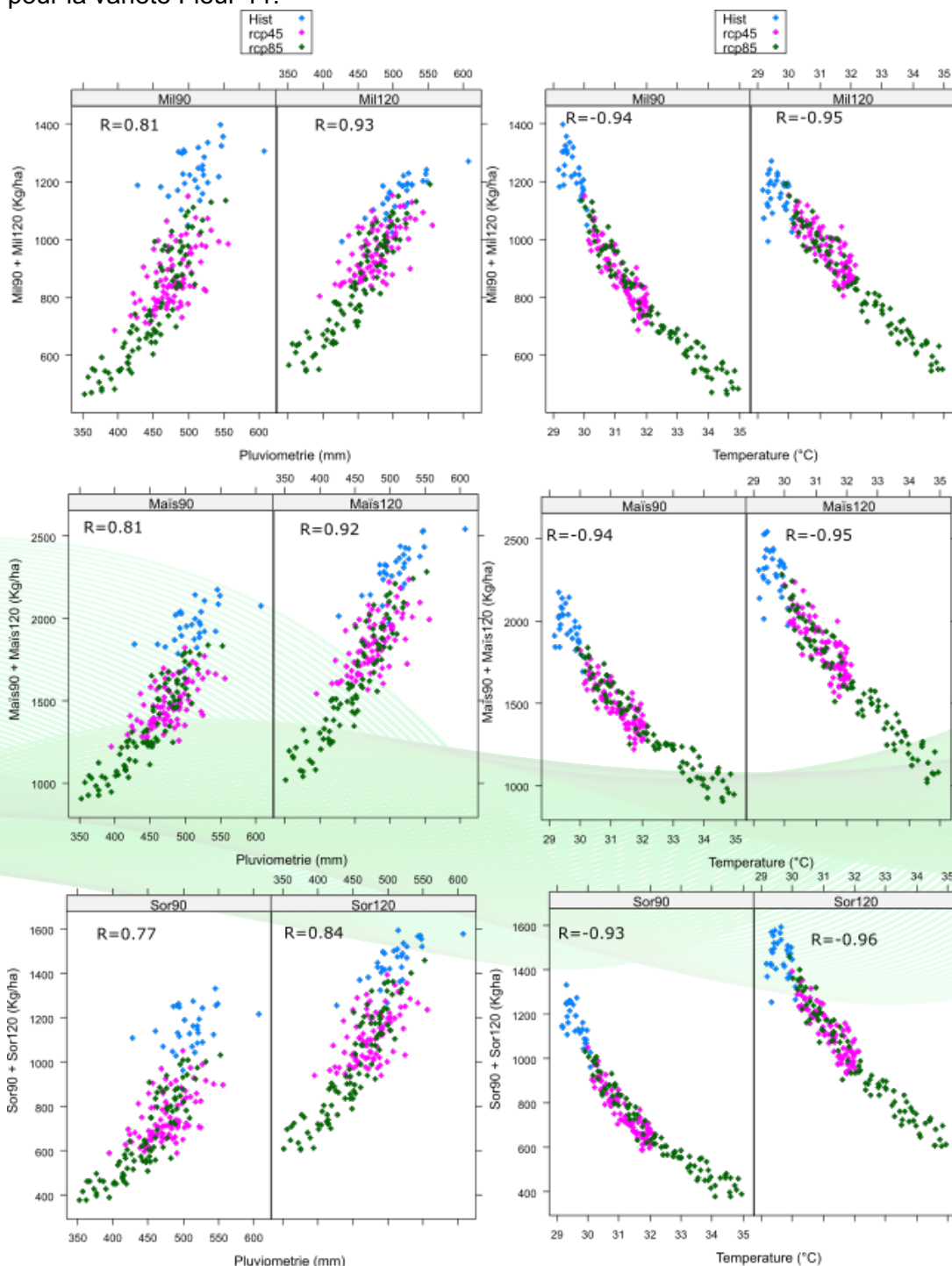


Figure 9 : Corrélation entre le rendement des cultures et la pluviométrie et la température d'ici 2050

4.2. Secteur de la santé

4.2.1. Vulnérabilité actuelle

L'approche participative a permis d'identifier quatre risques climatiques majeurs notés dans la région qui sont :

- les tempêtes de poussières ;
- les inondations ;
- les vagues de chaleur ;
- l'irrégularité intra saisonnière de la pluviométrie voire la sécheresse.

À côté de ces risques climatiques, d'autres risques non climatiques ont été identifiés : difficultés d'accès aux marchés et produits alimentaires, impraticabilité des routes, inaccessibilité de certaines zones, insuffisance d'infrastructures et équipements adaptés.

4.2.1.1. Impacts sanitaires des risques identifiés

Les impacts sanitaires de ces risques sanitaires sont notés partout dans la région (Tableau 13).

Tableau 13 : Risques climatiques identifiés et leurs impacts sur la santé

Risque climatique	Fréquence/Durée	Zone d'impact	Conséquences
Risque 1 : Tempêtes de poussières	Annuel, Juin Juillet	Toute la région	Maladies respiratoires
Risque 2 : Inondations	Annuel Juillet à septembre	Toute la région	Maladies diarrhéiques Maladies vectorielles
Risque 3 : Vagues de chaleur	Annuel Mars Avril mai	Toute la région	Déshydrations Recrudescence maladies non transmissibles
Risque 4 : Variation de la pluviométrie Sécheresse	Annuel Juillet Aout. Septembre	Toute la région	Déshydratation Malnutrition Maladies parasitaires

En fonction de chaque des motifs de consultation, les impacts des risques primordiaux identifiés sont évalués sur le Tableau 13.

4.2.1.2. Analyse de sensibilité globale

L'analyse des risques climatiques de la région de Matam a montré que les tempêtes de poussière et les vagues de chaleur sont les facteurs climatiques qui impactent plus le secteur de la santé avec des indices d'impact de 18 et 16 respectivement (Tableau 14). Les impacts sur les maladies sont nombreux en particulier sur l'aggravation de certaines maladies, l'apparition de maladies émergentes et ré-émergentes.

La région de Matam a un climat tropical avec de températures généralement fortes. Les canicules au niveau de la région se traduisent par un nombre élevé de jours et de nuits chauds, la fréquence et l'intensité des vagues de chaleur avec des impacts directs comme les infections respiratoires, les pertes en vies humaines et des feux de brousse.

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. En détruisant les cultures, ces inondations sont aussi des facteurs de vulnérabilité importants pouvant entraîner une baisse des récoltes et la malnutrition, avec des conséquences sanitaires importantes.

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 des diarrhées répétées ou persistantes sur la pauvreté liée 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, l'hypertension artérielle (HTA) 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 impactées par les différents risques identifiés.

Tableau 14 : Matrice de sensibilité de la région de Matam

Tableau 11 : Matrice de conjonction de la région de Matam					
	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 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 Guégan].

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 10 présente les éléments de la biologie du vecteur qui peuvent être impactés par des variables climatiques et donc par les changements climatiques.

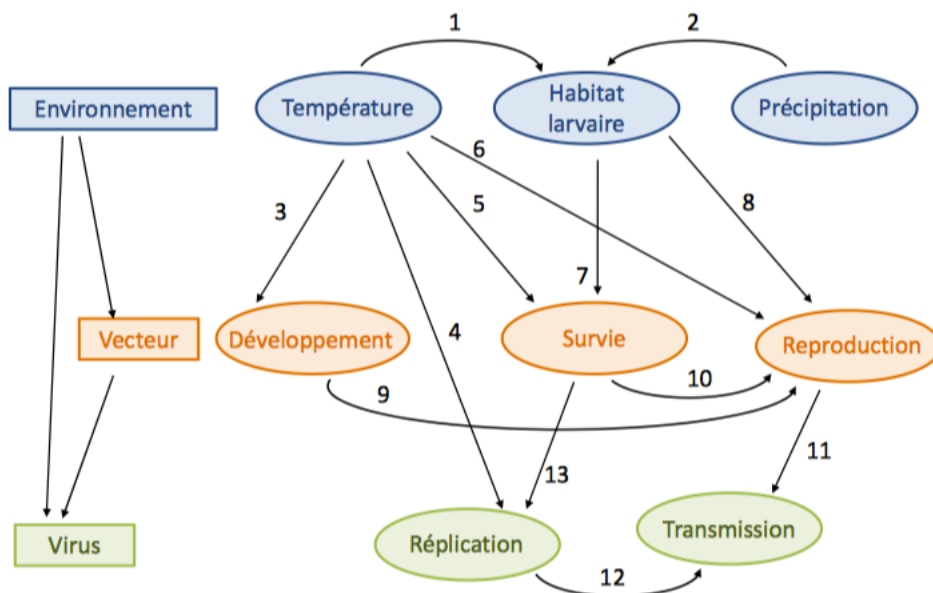


Figure 10 : Éléments de la biologie du vecteur pouvant être impacté par des variables climatiques.

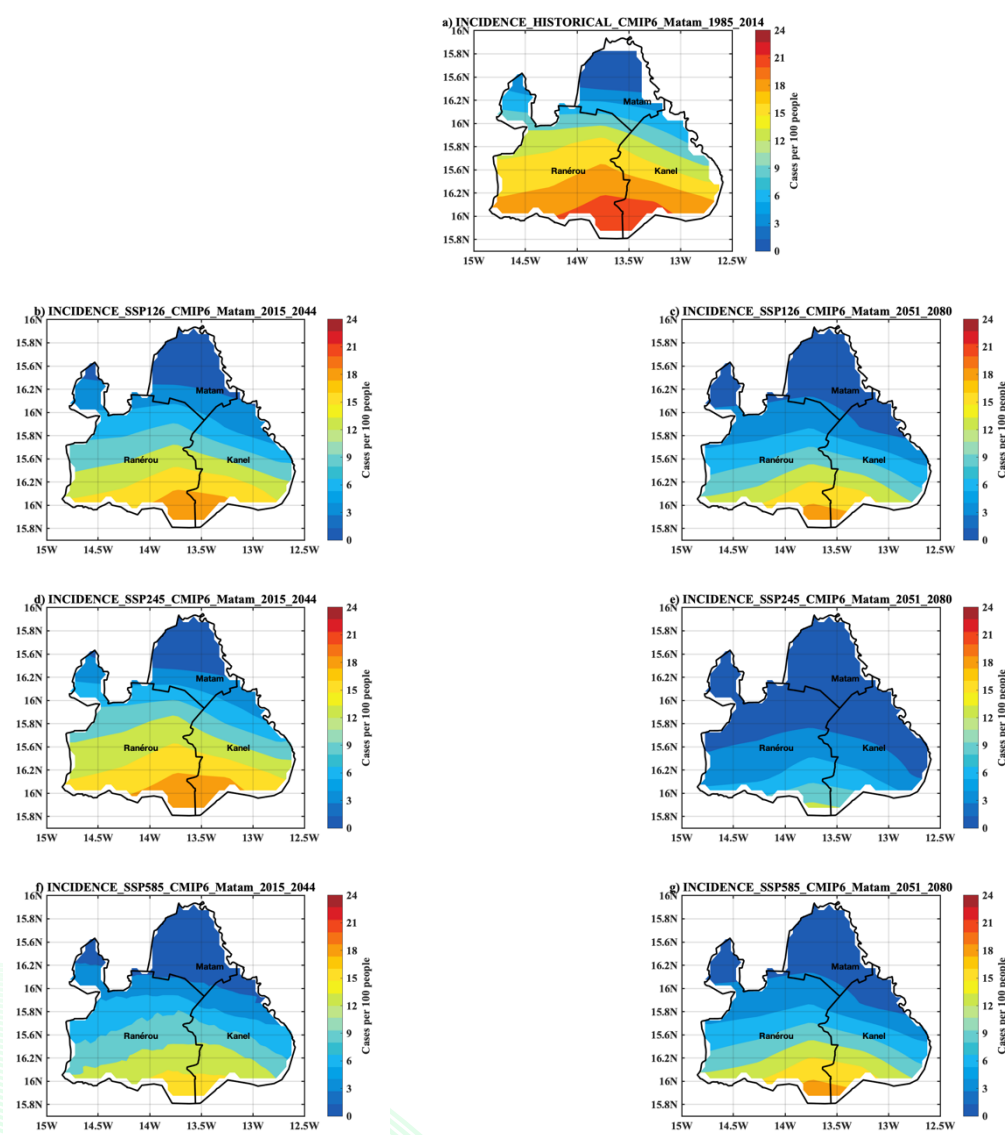
4.2.2.2. Modélisation de l'incidence du paludisme au Sénégal

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 est l'abondance des anophèles vecteurs ;
- Possibilité du succès du cycle sporogonique ;
- Puis modulation du contact home 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, 2021]. Ce qui pourrait fortement influencer l'épidémiologie de la maladie.

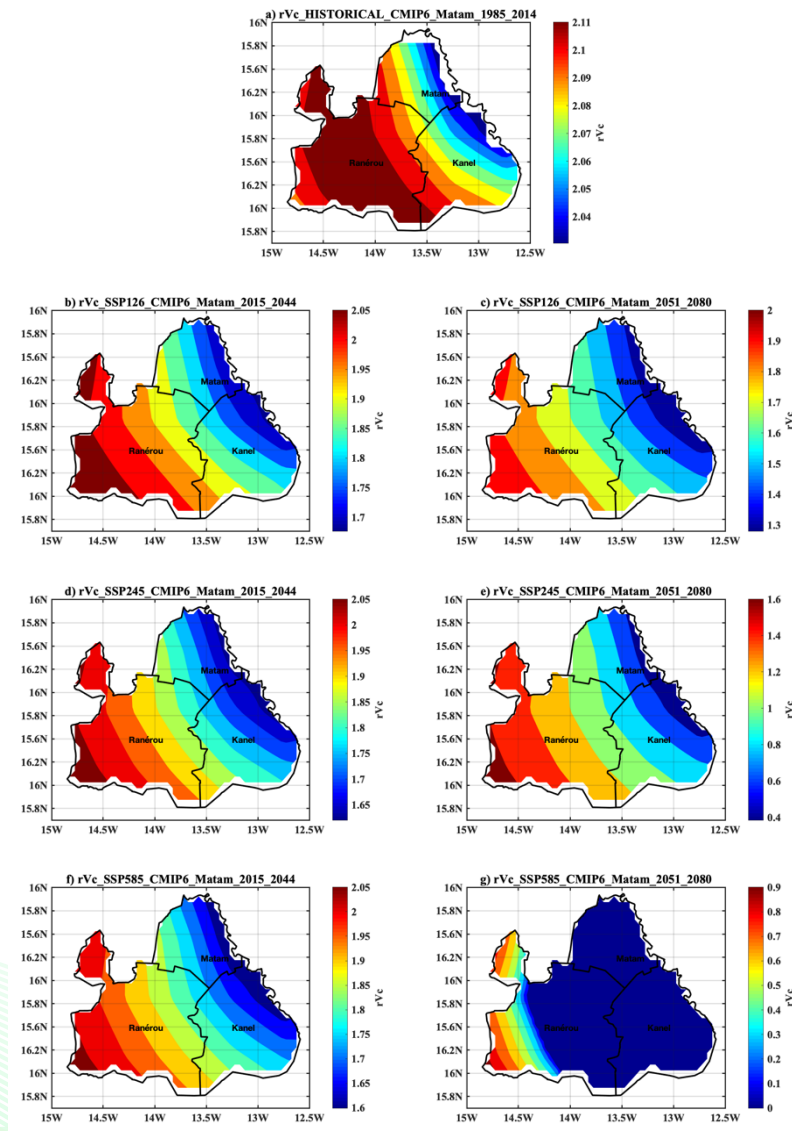
La Carte 2 montre que pour la variabilité spatiale, il existe une nette différence dans l'intensité du signal de l'incidence du paludisme entre les départements de Matam. Plus la température est élevée dans la région, plus courte sera la durée de la sporogonie. En outre, comme autre raison de la présence du paludisme dans cette zone, il faut noter que la zone du Ferlo 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. C'est une raison qui explique la prévalence du paludisme dans cette région du pays. 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 Matam vit en milieu rural. Le gradient latitudinal de la répartition du paludisme est visible. En comparant les données historiques (Carte 2a et 2b-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 2d, 2e, 2g et 2h). Une telle diminution du paludisme dans un avenir lointain semble être associée aux changements climatiques [Gettting et al., 2010 ; Diouf, 2022]. 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) ont montré 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 quels que soient la période et le scénario considérés, qui sont liés à l'effet de la température.



Carte 2 : Distribution spatiale de l'incidence du paludisme à Matam 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. Modélisation de la capacité vectorielle d'*Aedes aegypti* : effets de la température sur la dengue à Matam

La Carte 3 montre que le département de Ranérou, est plus touché par la forte occurrence de l'indice d'occurrence rVc de la dengue. Comme on l'a constaté précédemment avec une autre maladie à transmission vectorielle comme le paludisme, en comparant les carte 3b, 3d 3f (futur proche) et les éléments de Carte 3c, 3e et 3g (futur loin) relatives aux projections de la dengue montrent un effet opposé des changements climatiques sur la distribution future de la dengue à Matam. Par exemple, la Carte 3g (scénario extrême SSP585) montre une diminution drastique de l'indice simulé (rVc) de la dengue à l'Est des départements de Matam et Kanel où les gammes de températures deviendraient 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 les départements de Matam, 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 3b-g montrent que la dengue devrait se maintenir dans la région de Matam même dans le long terme, en particulier à l'ouest de Ranérou.

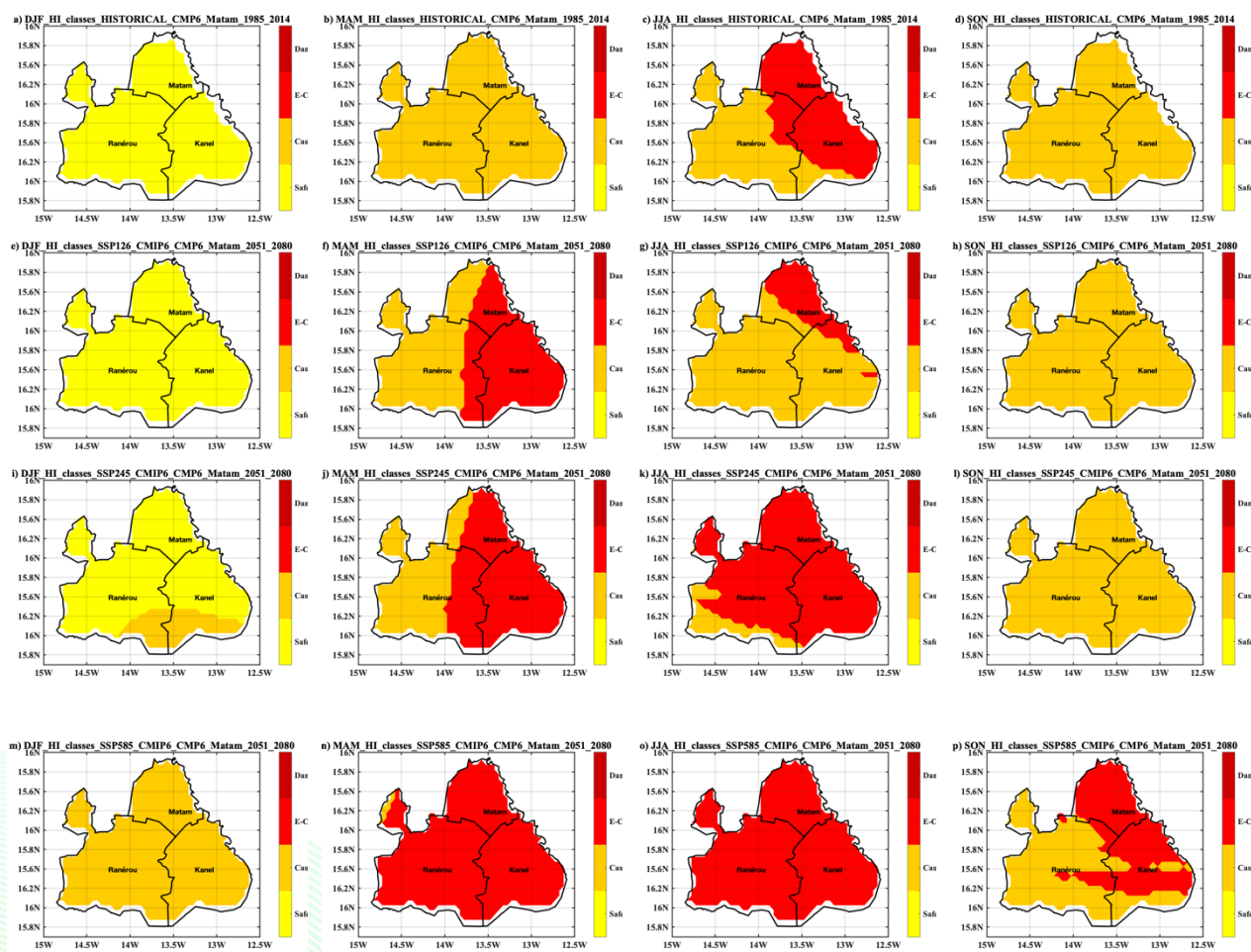


Carte 3 : Distribution spatiale de la rVc (capacité vectorielle relative) à Matam la période historique (1985-2014), et b-g) projections pour le futur proche (2015-2044) et projections pour le futur lointain (2051-2080) pour les scénarios SSP12.6, SSP245, SSP585 des modèles d'ensemble des CMIP6.

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

Sur la Carte 4, 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-février (DJF), mars-mai (MAM), juin-août (JJA) et septembre-novembre (SON) sont représentés de la 1ère à la 4ème colonne. Sur la 1ère colonne (Carte 4a, e, i et m) correspondant à la saison DJF, on note que pour la majeure partie de la région de Matam, des conditions sans danger sont observées sauf pour le scénario SSP585 où des conditions d'inconfort mais sans danger sont observées sur l'ensemble de la région. Sur la 2ème colonne (MAM), la catégorie d'extrême inconfort voire danger y prévaut (Carte 4b, 4f, 4j et 4n). La zone de prudence s'étend sur la région pendant la saison MAM pour la période historique, alors que dans les projections, la moitié Est se trouve sous des conditions d'extrême prudence voire danger pour les scénarios sSSP126 et 245 et l'ensemble de la région se retrouverait dans des conditions danger pour le scénario SSP585 (carte 4m). Au cours de la saison JJA (Carte 4c, 4g, 4k et 4o), des conditions d'extrême inconfort (prudence) sont observées dans les départements de Matam et Kanel pour la période historique et dans les projections pour le

scénario sSSP126. Pour les scénarios sSSP245 et 585, 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 DJF (Carte 4d, 4h, 4l et 4p), mais un signal de conditions d'extrême prudence localisée sur l'Est Matam pour le scénario SSP585 (Carte 4p).



Carte 4 : Distribution spatiale de classes d'indice de confort saisonnier (IC) à Matam pour a-d) période historique (1985-2014), et e-p) pour le futur lointain (2051-2080) pour les scénarios SSP12.6, SSP245, SSP585 des modèles d'ensemble des CMIP6

4.3. Secteur des inondations

4.3.1. Vulnérabilité actuelle

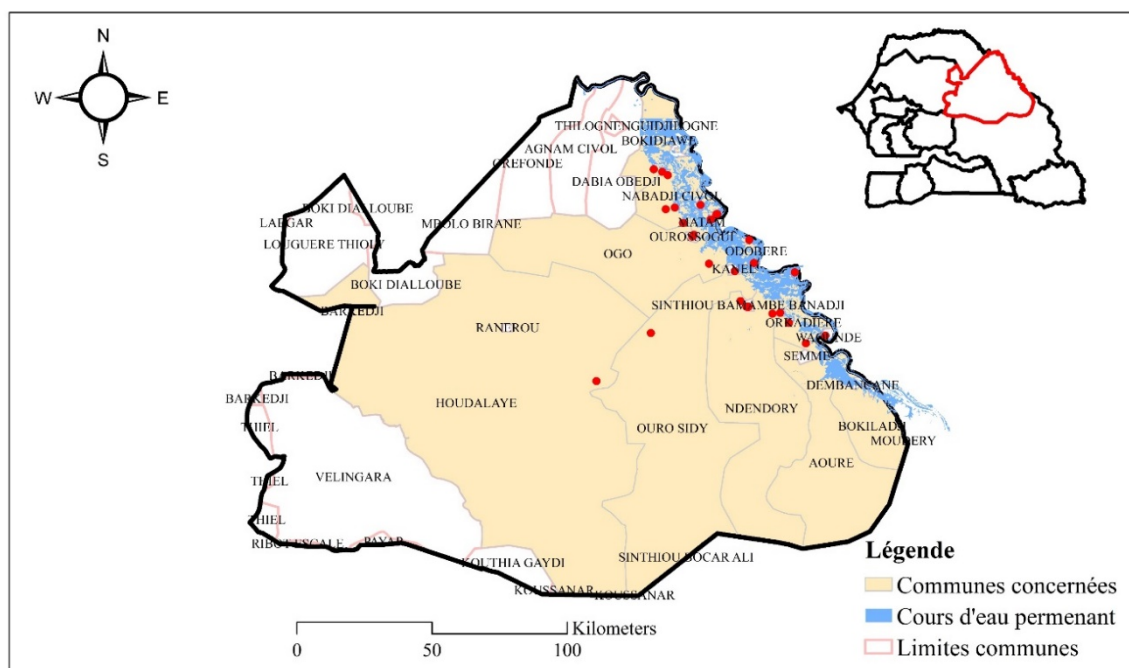
4.3.1.1. Causes des inondations

Le déficit des services urbains et ruraux en matière d'assainissement et de gestion du potentiel hydrologique dans la région, fait de Matam une région très exposée aux vulnérabilités liées aux inondations.

Les risques d'inondations, à Matam, sont prévisibles et peuvent occasionner de nombreuses victimes, un coût important de dégâts matériels et des impacts sur l'environnement qui dépassent les capacités de réaction des services actuellement disponibles dans la région.

Avec le recul pluviométrique enregistré dans les années 1970-1980, les populations se sont installées dans les lits des cours d'eau. De ce fait, le retour progressif des pluies a entraîné des inondations récurrentes notamment dans les localités non aedificandi du Dandé Mayo. Entre autres dommages causés par ces inondations, on peut noter la destruction des habitations pour la plupart construites en banco, des pertes en vies humaines, en bétail et en matériel, la dégradation des infrastructures routières etc.

Aussi, la quasi-totalité des localités situées le long du fleuve subissent le fléau à chaque hivernage par les crues à la faveur des fortes précipitations conjuguées aux lâchers des barrages de Manantali (Carte 5).



Carte 5 : Localités et communes concernées par les inondations

Dans les autres localités situées le long de l'axe routier et de surcroît dépourvues de système d'assainissement comme Thilogne, Aouré, Diamouguel, le ruissellement des eaux de pluie est à l'origine d'importants dégâts.

La commune de Matam subit d'ailleurs souvent la crue du fleuve en plus de la stagnation des eaux de pluies et de ruissellement qui est favorisée par une faible perméabilité des sols (argileux). La digue de protection contre les eaux de crue empêche l'évacuation des eaux de ruissellement d'où l'origine des inondations des quartiers situés sur les points bas de la commune.

L'absence de réseau d'assainissement dans ces quartiers ainsi que le déversement des eaux usées dans les environs immédiats des habitations aggravent le phénomène. Les inondations y sont favorisées par l'importance des eaux de ruissellement venues du Diéri et du Ferlo. Ces quantités importantes d'eaux de ruissellement ont des incidences négatives sur la vie des populations et sur l'environnement au regard des tendances climatiques en vigueur dans la région.

4.3.1.2. Impacts des inondations

La liste ci-dessous montre les nombreux impacts des inondations dans la région de Matam :

- Dommages sur le réseau électrique (poteau électrique endommagé et rupture de l'approvisionnement en électricité) ;
- Inondation d'habitations avec pertes d'effets vestimentaires et de vivres constatées, effondrement de maisons notamment en banco, dommages matériels, cas de noyade et pertes en vies humaines dans le Walo ;
- Inondation de périmètres irrigués, groupes électrogènes et motopompes emportés par les eaux dans le Dandé Mayo ;
- Aggravation de l'érosion des sols et des berges du fleuve (de Dembankané à Diorbivol) ;
- Impacts de zones de vallées, en contrebas des collines dans le Diéri ;
- Impacts sur l'agriculture avec la submersion des périmètres irrigués et la perte du bétail ;
- Impacts sur les infrastructures routières et hydrauliques ;
- 13 ponts, buses, dalots... impactés Matam-Ourossogui, Sémmé, Bondji, Danthiadi, Wendou Bosséabé, Ogo, Sinthiane, Daiba, Oréfondé, Diamel, Navel, Ndouloumadji, waoundé ;
- Pistes (Thianaf- Dembankané, Ogo-Bellinaybé, etc.) sous les eaux ;
- Routes revêtues (RN2, RN3 et RN7) ;
- Lignes électriques (Matam, Ourossogui, Matam- Diamel, Ourossogui – Bakel (MT)) endommagées ;
- Isolement de villages pendant de longues périodes (Nationale n°2 à Dembankané) ;
- Ravinements des sols et destruction des habitations (tout le long de la nationale n°2) ;
- Ravinement de la route nationale Ourossogui Bakel ;
- Accentuation de l'érosion hydrique ;
- Accentuation du phénomène d'érosion des berges de Dembankané à Diorbivol ;
- Envahissement par endroit des pistes de désenclavement dans le Dandé Maayo (piste Diamel-Oréfondé, Thianaf – Dembankané et piste Navel-Balél) ;
- Envahissement de sable au niveau du radier de Aouré ;
- Ravinement des remblais du pont de Bondji ;
- Coupures répétées sur le tronçon Oréfondé – Bondji ;
- Ravinement de la route nationale n° 2 ;
- Accentuation de l'érosion hydrique ;
- Accentuation du phénomène d'érosion des berges de Diorbivol à Garly ;
- Envahissement de sable par endroit des pistes de désenclavement dans le Dandé Maayo (piste Diamel-Oréfondé, Thianaf-Dembankané et piste Navel Balèl) ;
- Envahissement de sable au niveau de Aouré ;
- Coupures répétées sur les tronçons Oréfondé –Bondji (Axe Ogo Sinthiou Garba, Pont de Semé, Pont de Bonji) ;
- Dégradation prononcée de la chaussée au niveau de Tabé et Asndé Balla.

L'analyse participative de la vulnérabilité a également permis d'identifier les catégories sociales et groupes d'âges les plus exposées aux impacts des inondations. Ainsi les femmes enceintes (sensibilité aux maladies), les personnes vivant avec un handicap (manque de mobilité), les enfants dans la rue (exposition aux accidents) ont été citées parmi les catégories sociales les plus exposées en cas d'inondations avec une note de pondération maximale (5).

- Ensuite viennent les personnes du 3e âge, les enfants et les femmes avec une note de pondération de 4 ;
- Enfin les hommes ferment la marche avec une note de 3 sur la matrice d'exposition aux impacts.

4.3.2. Vulnérabilité future

Dans la région de Matam, les facteurs d'ordre climatique d'appréciation de la vulnérabilité future sont aux nombres de deux (02) à savoir : les fortes précipitations et les crues du fleuve, associés aux autres facteurs anthropiques et géomorphologiques. Et les indicateurs permettant d'apprécier la tendance future de la vulnérabilité aux impacts des inondations sont l'indicateur Précipitations (moyenne mensuelle) RCP4.5 et l'indicateur Précipitations (moyenne mensuelle) RCP8.5.

Calculées comme étant les valeurs mensuelles moyennes des précipitations quotidiennes sur l'ensemble des mois de janvier, février, etc. qui font partie d'une période de 30 ans. Cet indice est donné sous forme de changement relatif ($100 \times (\text{période future} - \text{période de référence}) / \text{période de référence}$). La valeur moyenne de l'ensemble est donnée ici, calculée sur les modèles énumérés dans l'attribut du modèle.

- À l'horizon 2011-2040, tout indique une relative baisse des précipitations au regard du scénario RCP4.5 ;
- Quant à l'horizon 2041-2070, la variation mensuelle va se situer entre -100 et 521,5 pour les précipitations (moyenne mensuelle).

Autrement dit, au regard de leurs variations plus chaotiques au niveau mensuel, ces scénarii auront un impact sur les différents risques climatiques et les différents secteurs en milieu aussi bien rural qu'urbain de la région de Matam.

4.3.2.1. Facteurs de vulnérabilité et projections

4.3.2.1.1. Précipitations annuelles

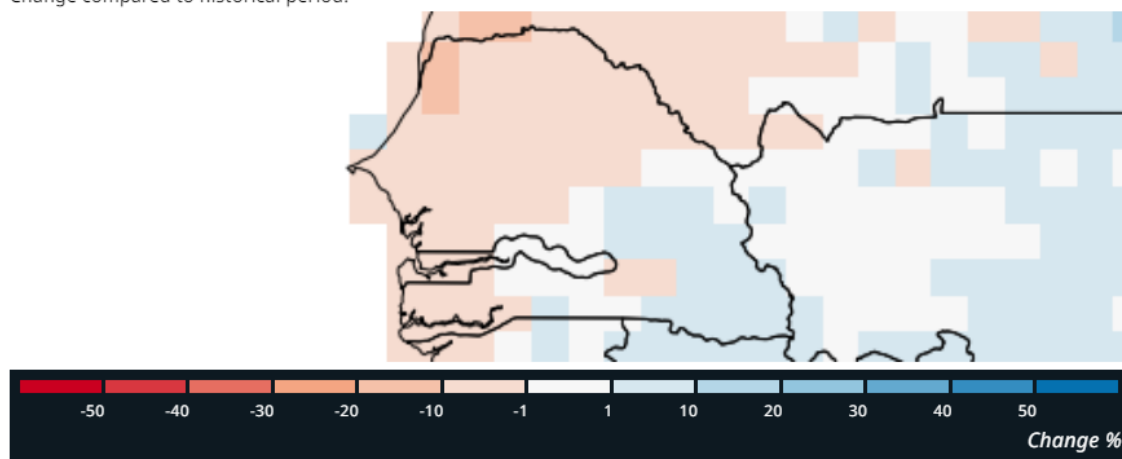
Calculé comme les valeurs annuelles moyennes des précipitations quotidiennes moyennées sur une période de 30 ans. Cet indice est donné en évolution relative ($100 \times (\text{période future} - \text{période de référence}) / \text{période de référence}$).

- **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) la variation médiane est de -3,5% (moyenne d'ensemble) 50% des membres de l'ensemble (intervalle interquartile) conviennent que la variation se situe entre -7,6% et 6,3%.

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)

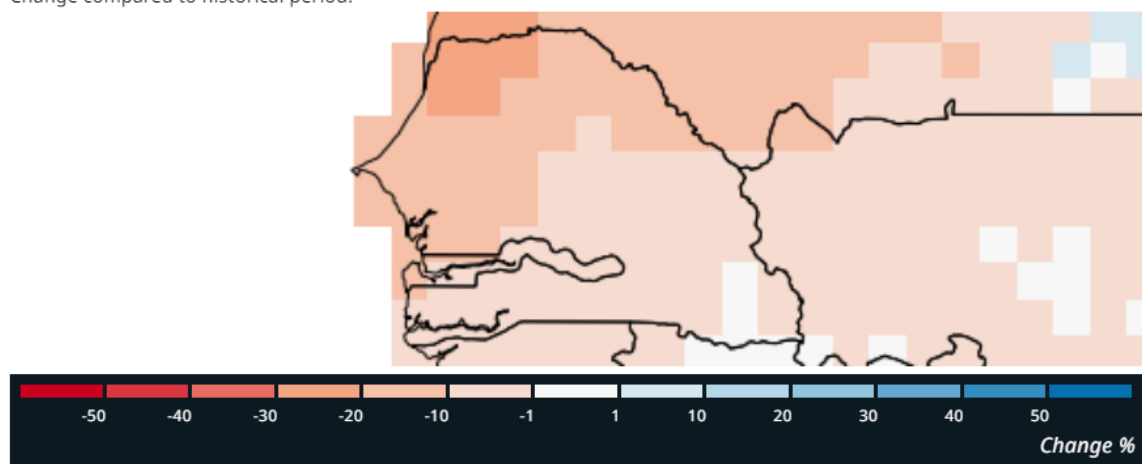
Carte 6 : Indicateur précipitation (moyenne annuelle) (RCP 4.5) 2011-2040

- **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) le changement médian est de -15% (moyenne d'ensemble) 50% des membres de l'ensemble (écart interquartile) s'accordent à dire que l'évolution se situe entre -19% et -2,5%.

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)

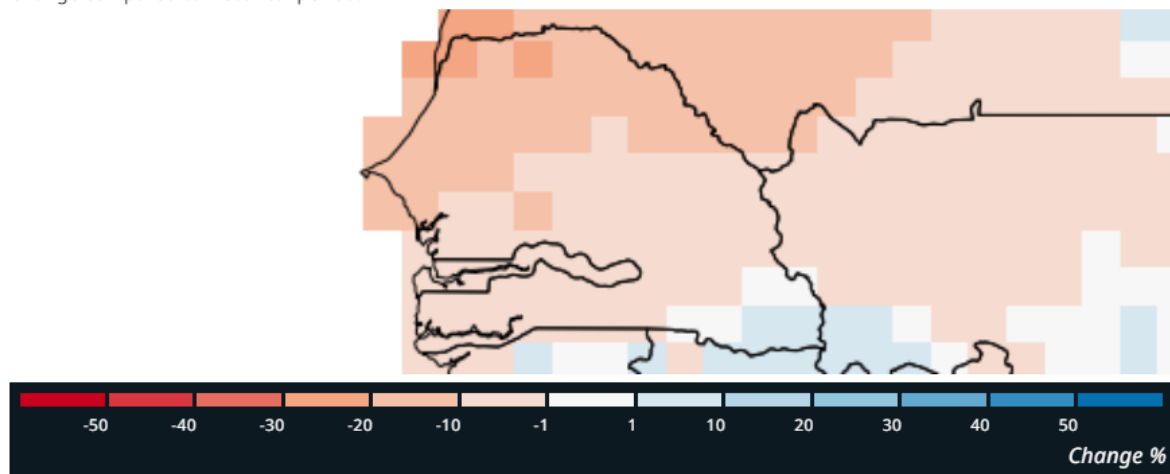
Carte 7 : Indicateur précipitation (moyenne annuelle) (RCP 4.5) 2041-2070

- 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 -13% (moyenne d'ensemble) 50% des membres de l'ensemble (intervalle interquartile) conviennent que l'évolution se situe entre -18% et -2,4%.

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)

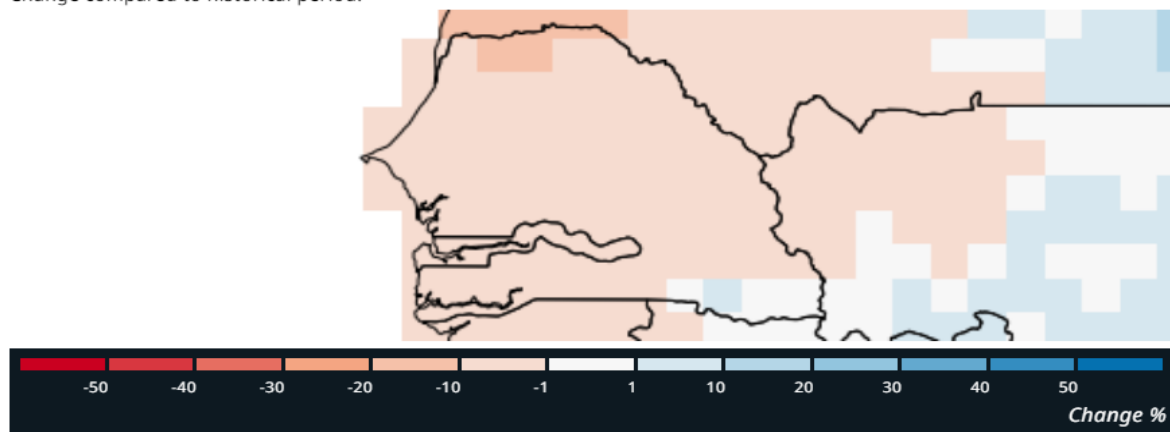
Carte 8 : Indicateur précipitation (moyenne annuelle) (RCP 4.5) 2071-2100

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

Pour la période 2011-2040 par rapport à 1981-2010 (RCP 8.5) la variation médiane est de -7,6% (moyenne d'ensemble) 50% des membres de l'ensemble (intervalle interquartile) conviennent que le changement se situe entre -11% et 0,74%.

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)

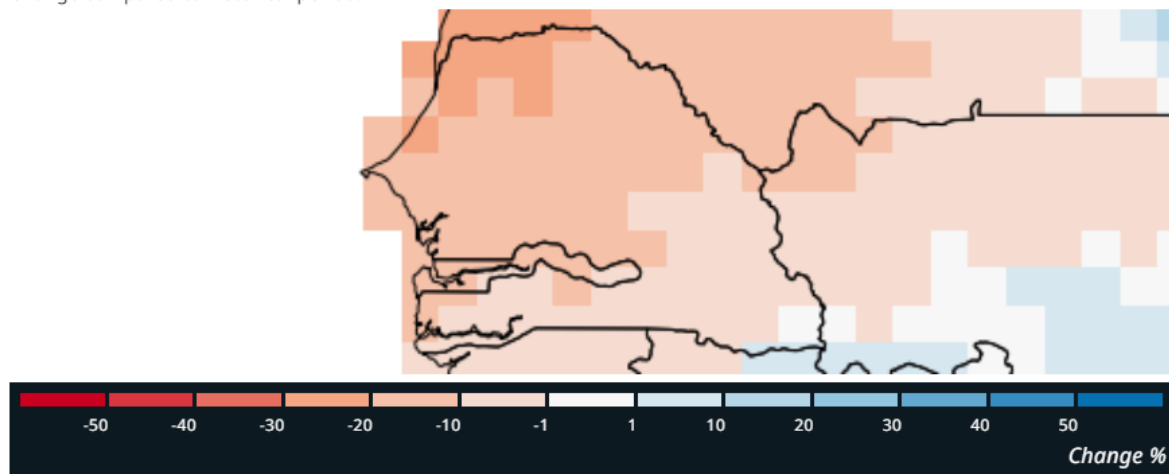
Carte 9 : Indicateur précipitation (moyenne annuelle) (RCP 8.5) 2011-2040

- **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) le changement médian est de -13% (moyenne d'ensemble) 50% des membres de l'ensemble (intervalle interquartile) conviennent que l'évolution se situe entre -22% et -5,8%.

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)

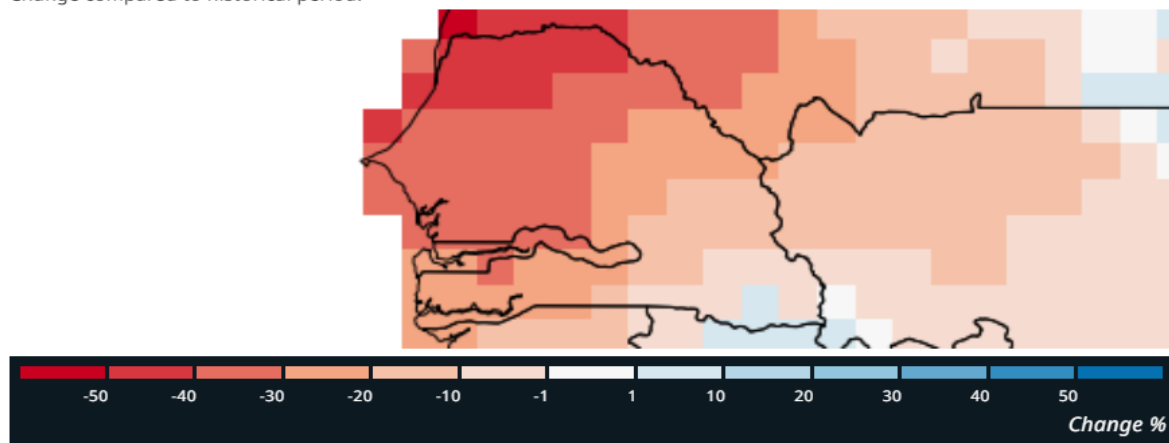
Carte 10 : Indicateur précipitation (moyenne annuelle) (RCP 8.5) 2041-2070

- **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) la variation médiane est de -33% (moyenne d'ensemble) 50% des membres de l'ensemble (intervalle interquartile) conviennent que l'évolution se situe entre -44% et -7,8%.

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 11 : 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 $100 \times (\text{période future} - \text{période de référence}) / \text{période}$

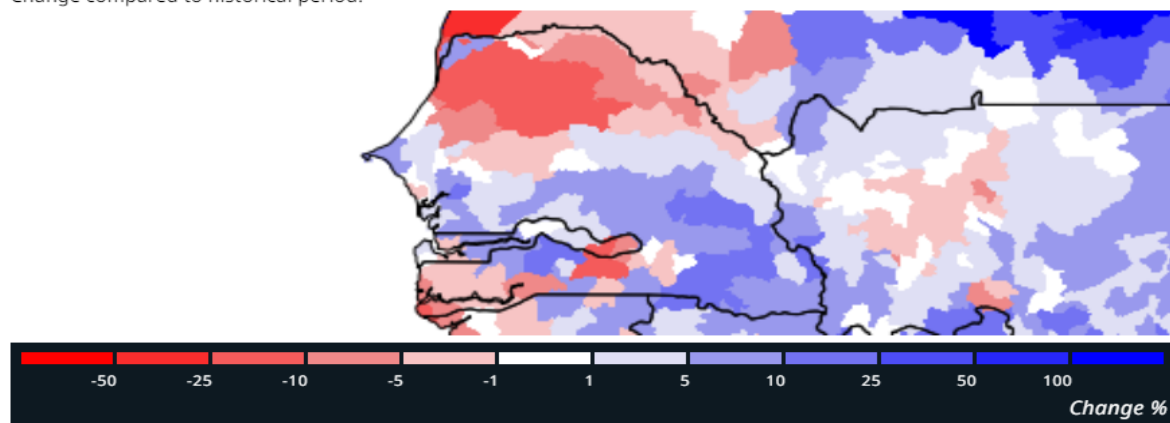
de référence). Ici, la valeur d'ensemble médiane est donnée, calculée sur les modèles répertoriés dans l'attribut de modèle.

- **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) la variation médiane est de -6,3% (moyenne d'ensemble) 50% des membres de l'ensemble (intervalle interquartile) conviennent que la variation se situe entre -8,1% et 14%.

Water runoff (annual mean) for Senegal

Change compared to historical period.



Indicator: Water runoff (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)

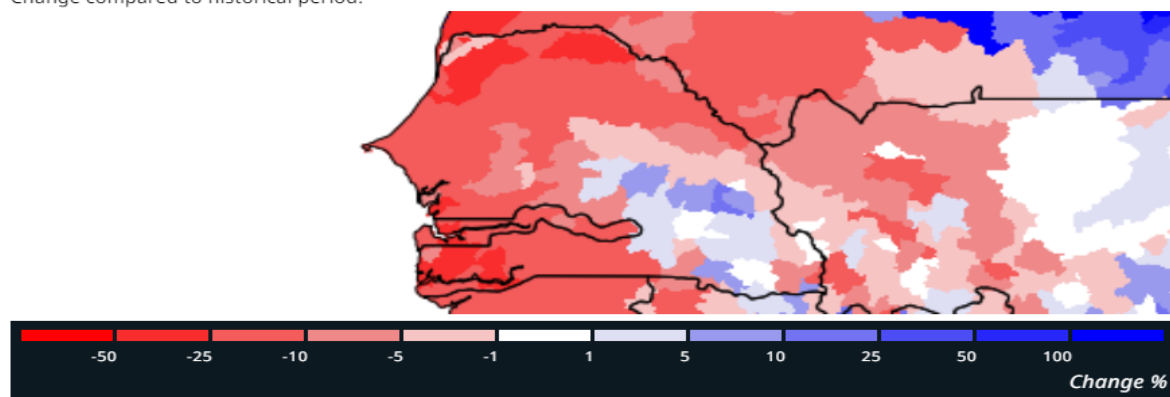
Carte 12 : Indicateur ruissellement (moyenne annuelle) (RCP 4.5) 2011-2040

- **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 -10% (moyenne d'ensemble) 50% des membres de l'ensemble (intervalle interquartile) conviennent que l'évolution se situe entre -17% et -1,9%.

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)

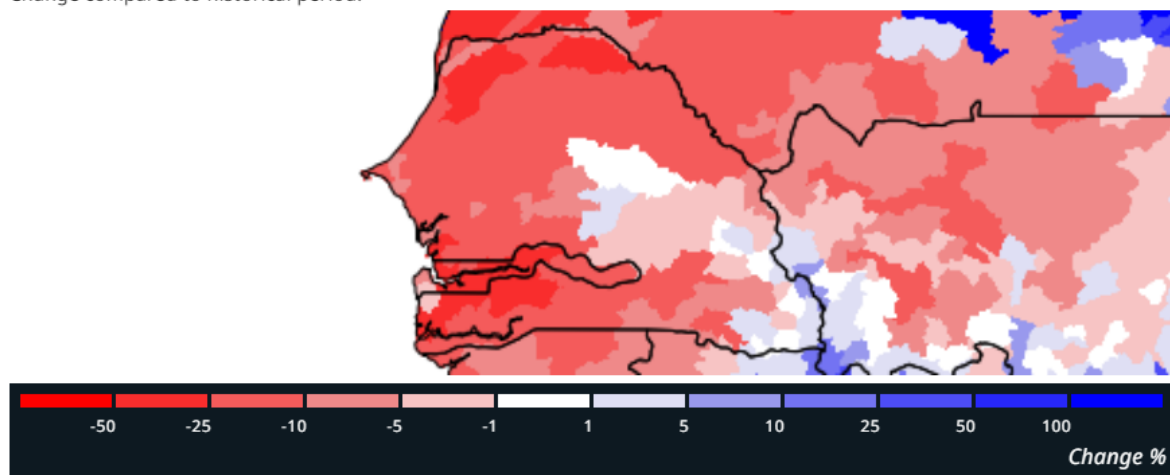
Carte 13 : Indicateur ruissellement (moyenne annuelle) (RCP 4.5) 2041-2070

- **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 -14% (moyenne d'ensemble) 50% des membres de l'ensemble (intervalle interquartile) s'accordent à dire que la variation se situe entre -16% et 3,3%.

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)

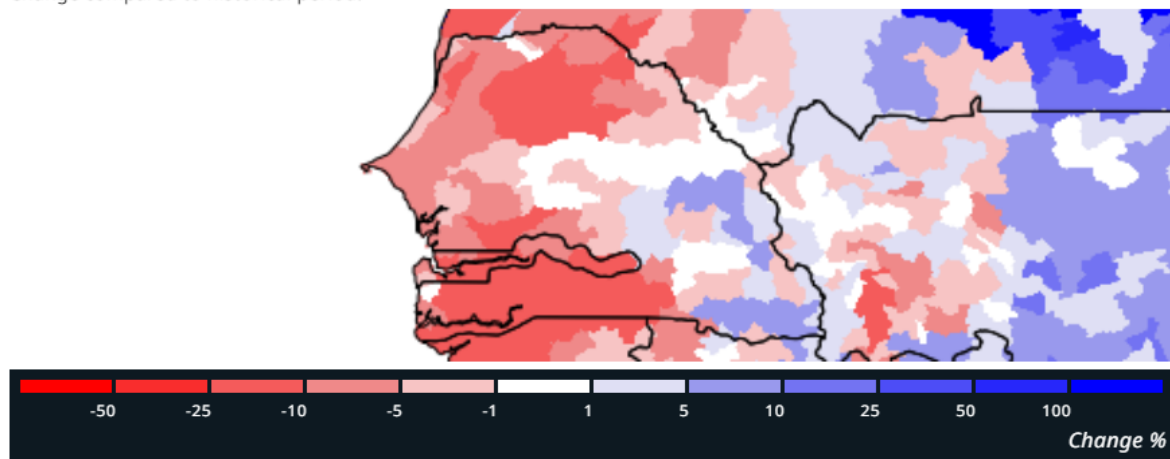
Carte 14 : Indicateur ruissellement (moyenne annuelle) (RCP 4.5) 2071-2100

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

Pour la période 2011-2040 par rapport à 1981-2010 (RCP 8.5) la variation médiane est de -1,6% (moyenne d'ensemble) 50% des membres de l'ensemble (intervalle interquartile) s'accordent à dire que la variation se situe entre -17% et 7,9%.

Water runoff (annual mean) for Senegal

Change compared to historical period.



Indicator: Water runoff (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)

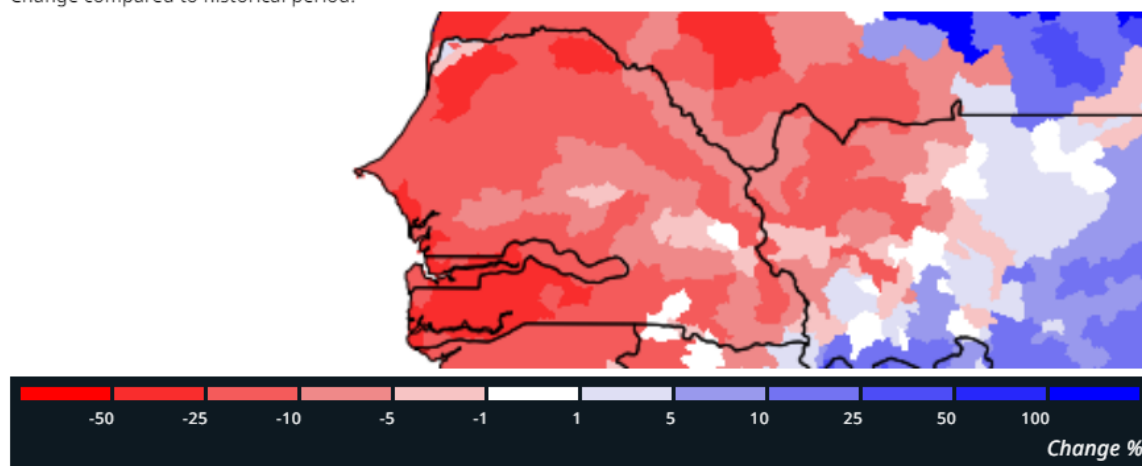
Carte 15 : Indicateur Ruissellement (moyenne annuelle) (RCP 8.5) 2011-2040

- 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 -6% (moyenne d'ensemble) 50% des membres de l'ensemble (intervalle interquartile) s'accordent à dire que la variation se situe entre -19% et 8,7%.

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)

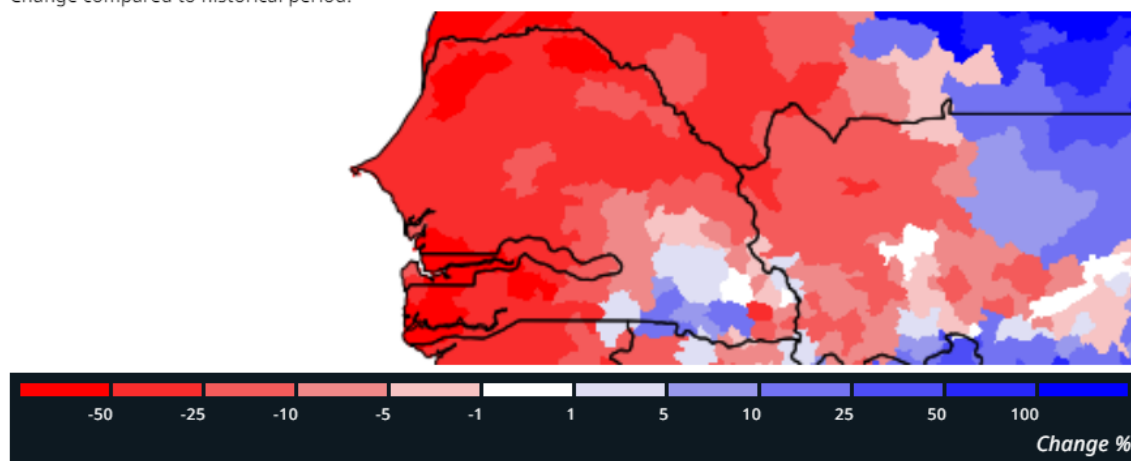
Carte 16 : Indicateur Ruissellement (moyenne annuelle) (RCP 8.5) 2041-2070

- 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) la variation médiane est de -23% (moyenne d'ensemble) 50% des membres de l'ensemble (intervalle interquartile) s'accordent à dire que l'évolution se situe entre -39% et -11%.

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

4.3.2.1.3. Débits annuels

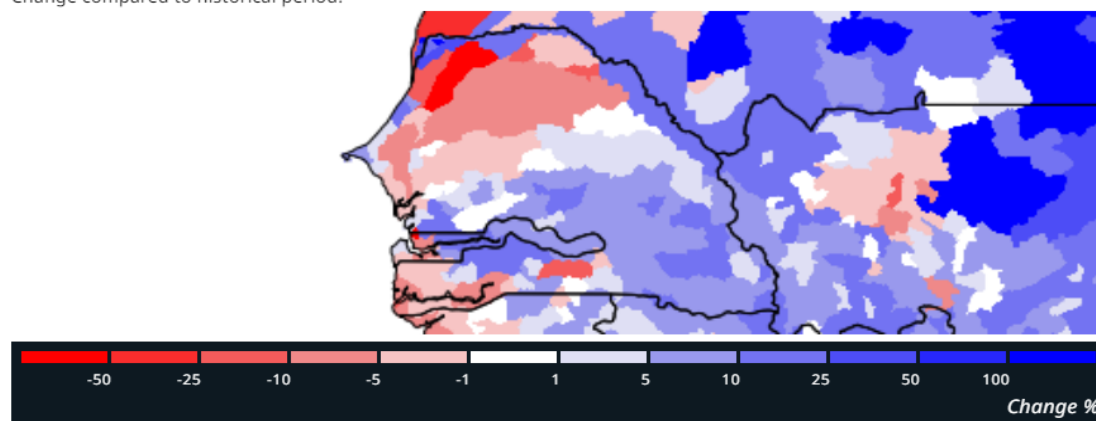
L'indice débit d'eau est calculé comme les valeurs moyennes du débit d'eau quotidien pendant une période de 30 ans. Cet indice est donné en évolution relative ($100 \times (\text{période future} - \text{période de référence}) / \text{période de référence}$). Comme pour les autres indices, la valeur d'ensemble 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 12% (moyenne d'ensemble) 50% des membres de l'ensemble (intervalle interquartile) conviennent que le changement se situe entre -2,9% et 43%.

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)

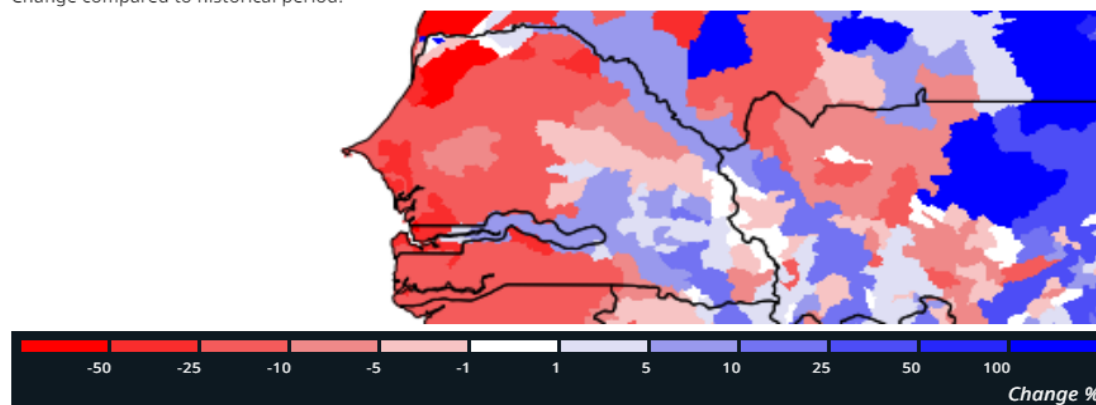
Carte 18 : Indicateur Débit d'eau (moyenne annuelle) (RCP 4.5) 2011-2040

- **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 5,1% (moyenne d'ensemble) 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)

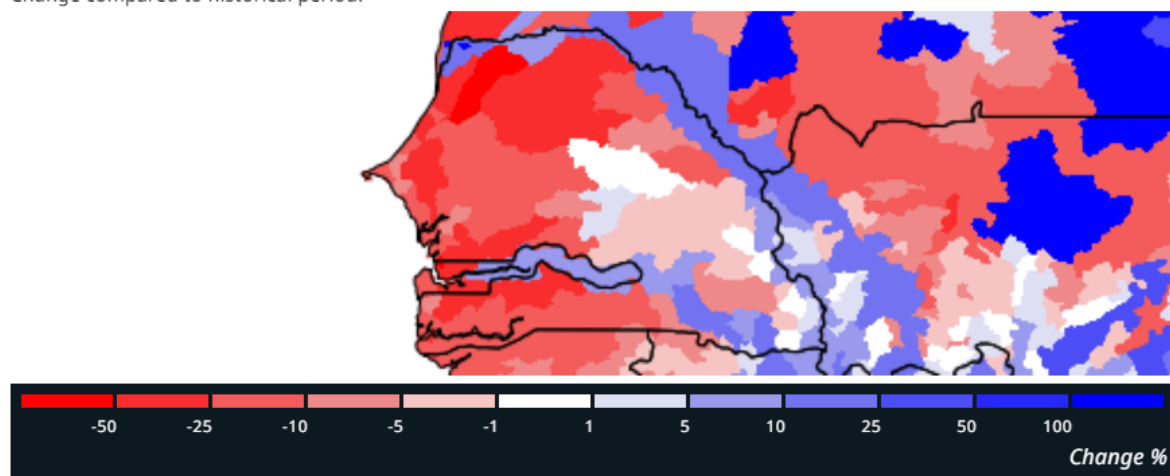
Carte 19 : Indicateur Débit d'eau (moyenne annuelle) (RCP 4.5) 2041-2070

- **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 12% (moyenne d'ensemble) 50% des membres de l'ensemble (intervalle interquartile) conviennent que le changement se situe entre -11% et 58%.

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)

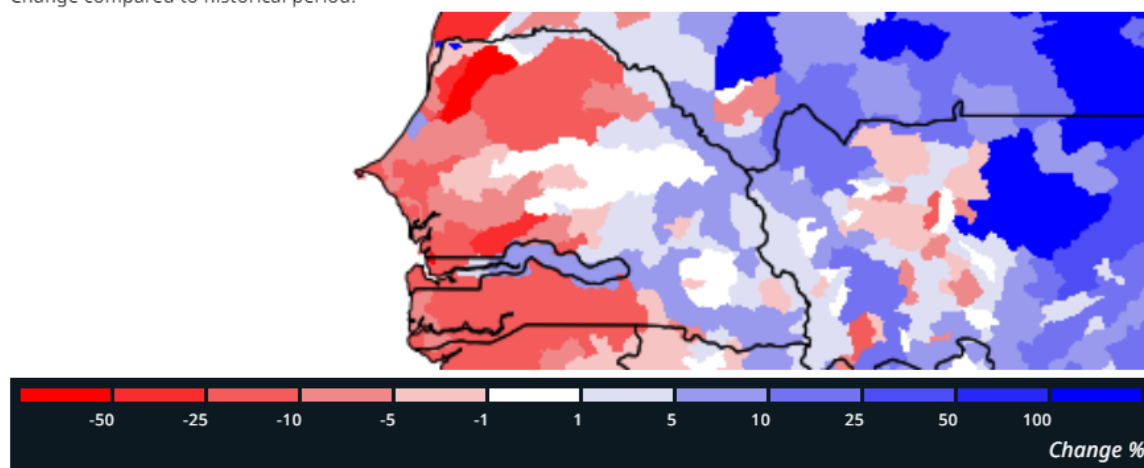
Carte 20 : Indicateur Débit d'eau (moyenne annuelle) (RCP 4.5) 2071-2100

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

Pour la période 2011-2040 par rapport à 1981-2010 (RCP 8.5) le changement médian est de 5,1% (moyenne d'ensemble) 50% des membres de l'ensemble (intervalle interquartile) conviennent que le changement se situe entre -6,9% et 24%.

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)

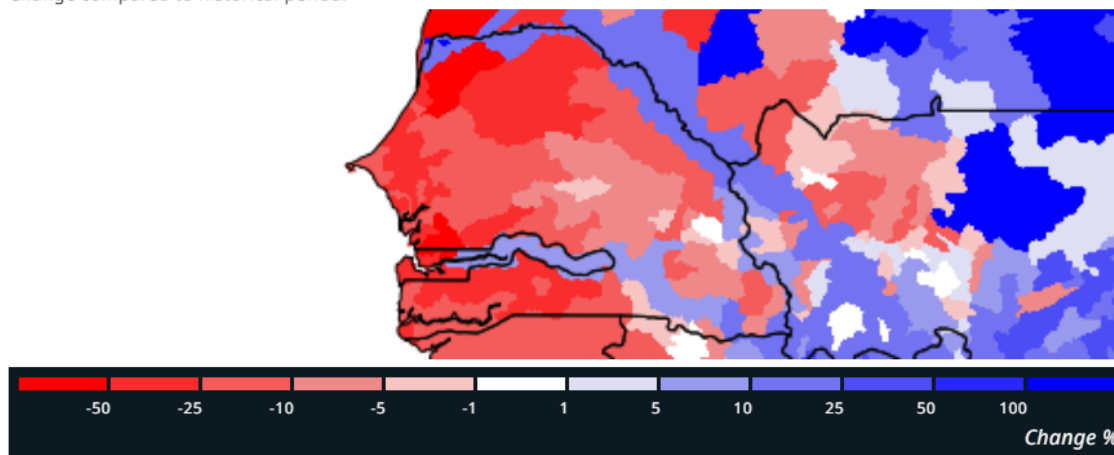
Carte 21 : Indicateur Débit d'eau (moyenne annuelle) (RCP 8.5) 2011-2040

- **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 15% (moyenne d'ensemble) 50% des membres de l'ensemble (intervalle interquartile) conviennent que le changement se situe entre -28% et 87%.

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)

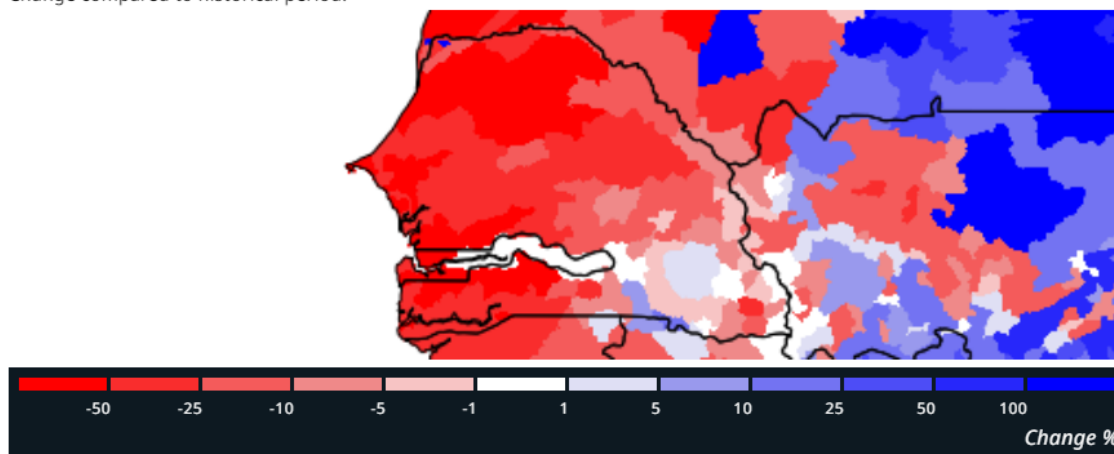
Carte 22 : Indicateur Débit d'eau (moyenne annuelle) (RCP 8.5) 2041-2070

- **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) le changement médian est de -14% (moyenne d'ensemble) 50% des membres de l'ensemble (intervalle interquartile) conviennent que le changement se situe entre -51% et 120%.

Water discharge (annual mean) for Senegal

Change compared to historical period.



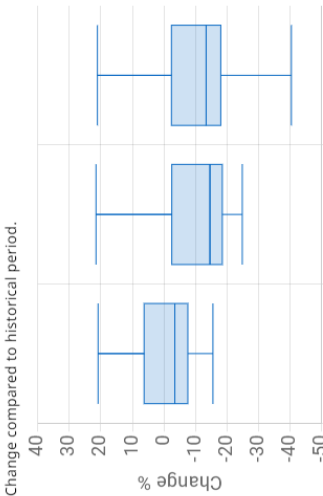
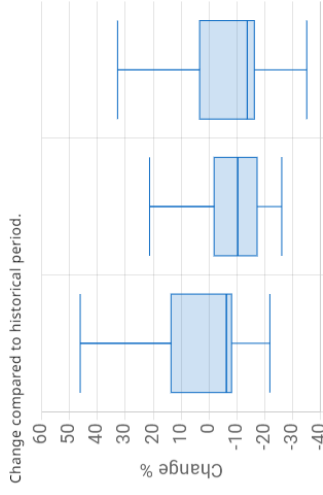
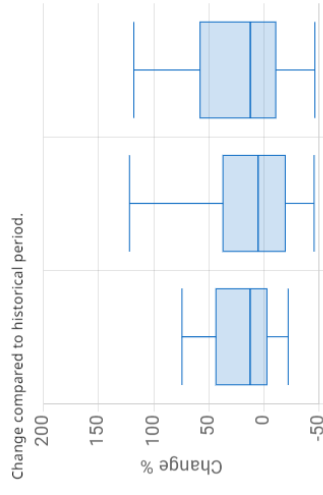
Indicator: Water discharge (annual mean), Time period: 2071–2100, Historical period: 1981–2010, Model: CORDEX Africa - WWHYPE Ensemble Mean, Model results for Senegal.

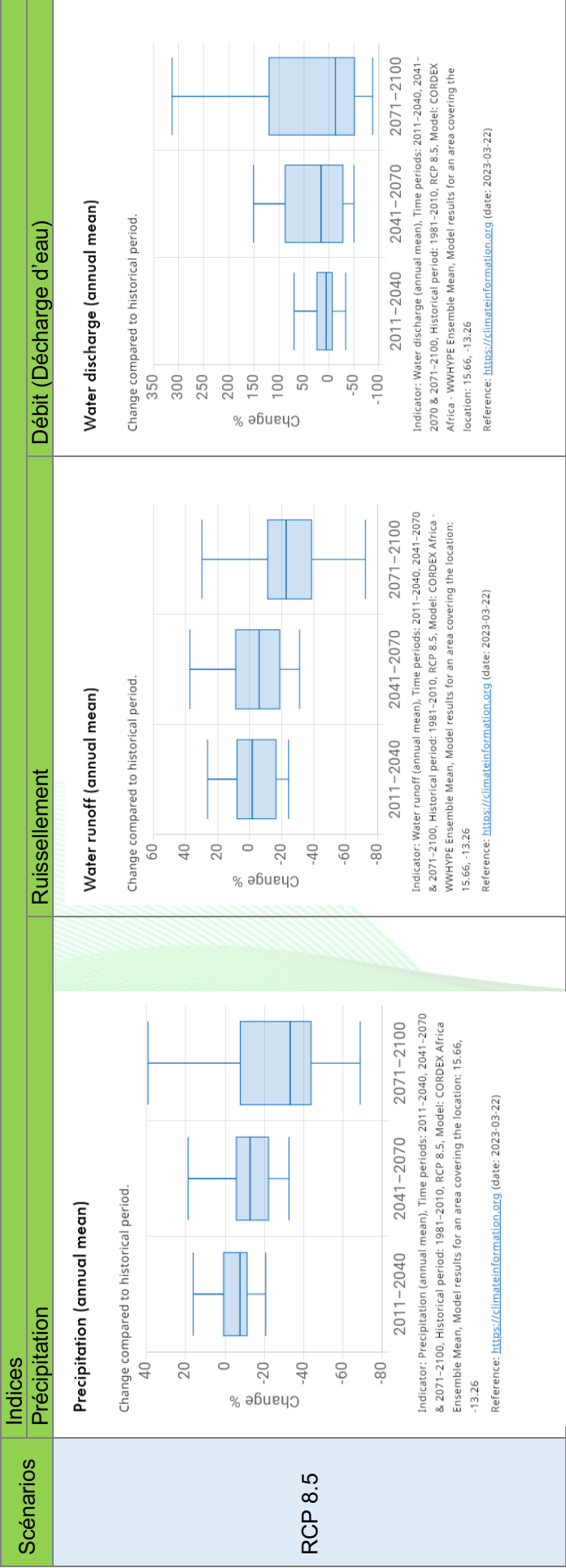
Reference: <https://climateinformation.org> (date: 2023-03-22)

Carte 23 : Indicateur Débit d'eau (moyenne annuelle) (RCP 8.5) 2071-2100

4.3.2.2. Synthèse de la vulnérabilité future

Tableau 15 : Synthèse de la vulnérabilité future Inondation

Scénarios	Indices	Ruissellement	Débit (Décharge d'eau)
RCP 4.5	Précipitation		
	Precipitation (annual mean)	Change compared to historical period.  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: 15.66, -13.26 Reference: https://climateinformation.org (date: 2023-03-22)	
	Water runoff (annual mean)	Change compared to historical period.  Indicator: Water runoff (annual mean), Time periods: 2011-2040, 2041-2070 & 2071-2100, Historical period: 1981-2010, RCP 4.5, Model: CORDEX Africa - WHHYPE Ensemble Mean, Model results for an area covering the location: 15.66, -13.26 Reference: https://climateinformation.org (date: 2023-03-22)	
Water discharge (annual mean)	Change compared to historical period.  Indicator: Water discharge (annual mean), Time periods: 2011-2040, 2041-2070 & 2071-2100, Historical period: 1981-2010, RCP 4.5, Model: CORDEX Africa - WHHYPE Ensemble Mean, Model results for an area covering the location: 15.66, -13.26 Reference: https://climateinformation.org (date: 2023-03-22)		



Scénarios	Périodes					
	2011-2040		2041-2070		2071-2100	
RCP 4.5	P mm	R mm	D (mm)	P mm	R mm	D (mm)
RCP 8.5	-3	-6	+12	-15	-10	-5
	-8	-2	+5	-13	-6	+15

*P = Précipitation
 *R = Ruissellement
 *D = Débit

4.3.2.3. Caractéristiques des vulnérabilités futures à Matam

Tableau 16 : Caractéristiques des vulnérabilités futures

Phénomènes prévus liés au changement climatique (probabilité)	Facteurs de risques urbains et vulnérabilité	Conséquences probables pour les villes en l'absence de mesure	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 de fleuve (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

Au-delà de l'analyse climatique (analyse des paramètres climatiques identifiés comme impactant les infrastructures), les experts du secteur ont donné leur appréciation du risque, qui est beaucoup plus affinée. Cette caractérisation des risques et de leurs impacts commence par l'identification des différentes composantes des infrastructures routières, l'identification des aléas climatiques auxquels elles s'exposent, les impacts et les options d'adaptation.

Les experts du secteur ont fait ressortir 3 grandes catégories d'infrastructures routières : les routes revêtues, les routes non revêtues et les ouvrages d'art et d'assainissement. La nature de chacune de ces catégories est précisée dans le Tableau 17.

Tableau 17 : Principales composantes des infrastructures routières relevées par les spécialistes

Typologie des infrastructures	Nature des infrastructures
Routes revêtues	Routes bitumées
	Routes en pavés
Routes non revêtues	Pistes
	Pares-feux
Ouvrages d'art et d'assainissement	Dalots

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. »

Typologie des infrastructures	Nature des infrastructures
	Ponts
	Radiers
	Caniveaux
	Fossés

L'établissement de la matrice de sensibilité a permis de caractériser 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 non revêtues et les ouvrages d'art et d'assainissement qui sont les plus exposées aux effets de la variabilité climatique actuelle avec un indice d'exposition de 19, partout.
- Du point de vue des risques climatiques, ce sont les fortes précipitations qui ont l'impact le plus important sur les infrastructures routières avec un score cumulé de 14. Elles sont suivies des inondations liées au ruissellement ou à l'écoulement des eaux avec un score de 12, des inondations liées à la crue fluviale et des effets liés aux vents sous forme de tempêtes de sable avec un score de 11 partout. Les fortes températures sont citées avec un score cumulé de 6.

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

Types d'infrastructure	Inondations (crue fluviale)	Inondation (ruissellement des eaux)	Fortes températures	Fortes précipitations (pluies exceptionnelles)	Vent (tempête de sable)	Indice d'exposition
Routes revêtues	2	3	4	4	3	16
Routes non revêtues	5	4	1	5	4	19
OAA	4	5	1	5	4	19
Score	11	12	6	14	11	

4.4.1.2. Impacts des aléas climatiques sur les infrastructures routières

Après avoir identifié les principaux risques climatiques et établi l'indice d'exposition des différents types d'infrastructures, 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
Inondations (crue fluviale)	
Inondation (ruissellement des eaux)	Érosion au niveau des accotements/ Ravinement des talus/Réduction résistance couches inférieures (risque d'affaissement).
Fortes températures	Ornières, fissuration thermique, réduction confort par les températures élevées (augmentation conso carburant pour la climatisation véhicule, réduction des performances du véhicule)
Fortes précipitations (pluies exceptionnelles)	Coupure des routes, enclavement de certaines localités, impact sur la performance des véhicules avec le manque d'adhérence, impact sur la mobilité des personnes et des biens, insécurité routière, augmentation maintenance hivernales des routes, diminution des vitesses, diminution des débits de trafic
Vent (tempête de sable)	Ensemblement, insécurité liée à la stabilité des véhicules avec la force du vent, risque d'objet tombant sur la route, réduction de la visibilité avec les particules de sables soulevés, insécurité routière, chute des panneaux de signalisation (verticale)

Dans le Département de Ranérou les importantes quantités de pluie reçues en 2020 et 2021 ont entraîné des coupures de routes et conséquemment l'enclavement de beaucoup de localités.

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

Risques	Impacts recensés
Inondations (crue fluviale)	Coupure de pistes, pertes de matériaux, enclavement, impacts sur la production (pistes de production) dégradation des pistes (apparition nids de poule, tôle ondulée, tête de chat)
Inondation (ruissellement des eaux)	Coupure de piste, pertes de matériaux, impact sur les productions (charriage des éléments du sol vers les champs et vice-versa, pertes de terres arables), ravinement, déstructuration du sol (compaction du sol qui devient moins perméable) dégradation des pistes (apparition nids de poule, tôle ondulée, tête de chat)
Fortes températures	
Fortes précipitations (pluies exceptionnelles)	Coupure des routes, passage supérieur de l'eau (l'eau traverse la route) enclavement de certaines localités, impact sur la performance des véhicules avec le manque d'adhérence, impact sur la mobilité des personnes et des biens, insécurité routière, dégradation des pistes (apparition nids de poule, tôle ondulée, tête de chat)
Vent (tempête de sable)	Départ des particules fines, érosion, absence de visibilité avec la poussière soulevée, dégradation des véhicules

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

Risques	Impacts recensés
Inondations (crue fluviale)	Affaissement des ouvrages, ravinement sur les protections des ouvrages, rupture d'ouvrage, enclavement des localités, impacts sur la production
Inondation (ruissellement des eaux)	Ensablement et obstruction des ouvrages diminuant les sections par les débris comme les branches, affouillement des ouvrages causant des affaissements
Fortes températures	
Fortes précipitations (pluies exceptionnelles)	Ensablement et obstruction des ouvrages diminuant les sections par les débris comme les branches, affouillement des ouvrages causant des affaissements, débordement
Vent (tempête de sable)	Ensablement et obstruction des ouvrages diminuant les sections par le sable, ensablement sur les ponts bouchant les trous d'évacuation d'eau et causant des ravinements sur les culés des ponts en hivernage (phénomène observé au pont de Matam)

4.4.1.3. Facteurs aggravant les impacts des risques climatiques

À part le climat, d'autres facteurs non climatiques favorisent la dégradation des routes. D'après les enquêtes, il s'agit de :

- manquements liés à l'exécution des travaux ;
- utilisation de matériau non adapté ;
- problèmes liés à la disponibilité du matériau ;
- ressources humaines (personnel non qualifié) ;
- rationalisation des dépenses ;
- absence d'assainissement de la route ;
- défaut d'entretiens des infrastructures ;
- insuffisance des ressources financières ;

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 des augmentations aussi bien pour le moyen horizon que l'horizon lointain. Les infrastructures routières présentes dans toutes les régions seront très vulnérables aux pluies extrêmes aussi bien pour le moyen que pour le long terme.

Entre 2031 et 2060, les projections prévoient les augmentations les plus importantes à Matam, avec plus de 90 mm (Tableau 22). Entre 2071 et 2100, ce seront les stations de Matam, qui connaîtront une augmentation des valeurs de pluie extrême supérieure à 90 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

La classification des niveaux d'exposition à partir du Tableau 19 a permis de faire ressortir pour le moyen et le long termes une exposition très élevée des infrastructures routières aux pluies extrêmes, notamment pour la région de Matam où les précipitations extrêmes auront un impact potentiel élevé sur les infrastructures routières.

4.4.2.2. Analyse de la vulnérabilité future aux températures élevées

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

4.5. Analyse intégrée 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 Matam.

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 que les inondations affectent tous les autres secteurs ciblés dans le cadre de cette évaluation, à savoir : l'agriculture, la santé, les infrastructures de transport terrestre ainsi que le genre avec les catégories et les groupes d'âge également affectés. 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. Les problèmes de santé liés aux impacts des changements climatiques peuvent 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 le (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

Les mesures identifiées dans le secteur de l'Agriculture concernent chaque impact biophysique et sont déclinées en plusieurs actions suivant les différentes unités d'exposition dont les cultures, les sols, l'élevage, la pêche et la foresterie) (Tableau 23). En effet, pour faire face à la baisse des rendements due au retard de croissance ou le non bouclage du cycle des cultures qui est une caractéristique de la zone à cause de la réduction de la longueur des saisons pluviales, une diversification des cultures et l'utilisation de variétés à cycle court demeurent parmi les stratégies qui sont très utilisées. L'utilisation de plantes fourragères comme le maralfalfa, le niébé fourrager est aussi une pratique adoptée pour l'obtention de fourrage de qualité pour le bétail mais également pour combler le gap de nourriture pour les animaux, dû à la disparition de certaines espèces bien appréciées par le bétail. Sur les sols, le reboisement est une pratique très courante ainsi que les pratiques de défense et de restauration des sols (Tableau 23).

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

Unité d'exposition	Impacts biophysiques sur le cycle de développement	Mesures d'adaptation
Cultures (mil, maïs, Sorgho et Arachide)	Retard de croissance, cycle non bouclé	Diversification des cultures, variétés adaptées
	Ensamblage,	DRS, endiguement des parcelles
	Inhibition des levés, stress hydrique, augmentation de l'évapotranspiration	Variétés adaptés, pratique de l'AIC, informations climatiques
	Assèchement, aridité, acidification	Reboisement, paillage, billonnage, demi-lune,
	Engorgement, saturation	DRS, digue de rétention
Sols	Perte de particule fine, réduction de l'activité biologique du sol, compaction, encroûtement, lessivage, perte de Matière Organique, ensablement des basfonds	Reboisement, DRS
	Aridité, diminution de l'activité biologique, perte d'humus, mis à nu du sol	Reboisement, DRS, compostage, épandage de fumier
	Érosion des berges, engorgement des sols, lessivage,	Reboisement, DRS, micro barrages
Élevage	Mauvaise qualité du fourrage, disparition d'espèces fourragères, tarissement précoce des mares,	Plante fourragère (Maralfalfa, niébé fourragère, etc.), aménagement des mares, transhumance,
	Apparition de maladies zoonotiques (FVR, FHCC rétrécissement des zones de pâturage, perte d'espèces	Reboisement, aménagement de bassin de rétention, vaccination, création de lac artificiel,
	Perte de fourrage, ensablement des mares, perte d'espèces fourragères	Reboisement, transhumance,
	Forte mortalité chez la volaille en cas de forte température	Reboisement,
Pêche	Baisse des mises à terres	Pisciculture, la valorisation des mares, repos biologique
	Inaccessibilité de la ressource (dépôt au fond)	Bassins de rétention

Unité d'exposition	Impacts biophysiques sur le cycle de développement	Mesures d'adaptation
	Ensablement envasement et disparition des chenaux d'alimentation des mares,	Aménagement des mares, reboisement, curage et reprofilage
	Disparition de la biodiversité halieutique	Reboisement,
	Non remplissage des mares et marigots pour la disponibilité de la ressource	Aménagement des plans d'eau
Foresterie	Réduction de la biodiversité, disparition d'espèces protégées	RNA, mise en défens, diminution des permis de coupe, reboisement
	Diminution de la régénération	Aménagement de la forêt
	Diminution de la productivité, perte de biomasse, déracinement des grands arbres, perte de terre arable	Aménagement de la forêt, DRS
	Stress hydrique, zoonoses,	Aménagement de la forêt, DRS
	Risques inondations	

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 Matam, notamment : les services techniques comme la DRDR dont la mission de suivre l'évolution du secteur agricole, de proposer les éléments de politique agricole 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 départementaux et communaux. Il existe aussi dans la région, d'autres intervenants dans le secteur agricole dont l'ANCAR, la SAED, les Projets et programmes du MAER que sont :

- PADAER : Programme d'Appui au Développement Agricole et à l'Entrepreneuriat Rural ;
- PRODAM/CSA : Programme de Développement Agricole de Matam, Consolidation de la Sécurité Alimentaire ;
- P2RS : Le Programme de Renforcement de la Résilience à l'Insécurité Alimentaire et Nutritionnelle au Sahel ;
- PNDIL : Il s'agit du Plan National de Développement de l'Irrigation Locale ;
- USAID NAATAL MBAY : c'est un projet de l'USAID, qui intervient dans la région de Matam, principalement sur la chaîne de valeur riz ;
- YELLITAARE : Projet d'amélioration de la réponse des communautés les plus vulnérables face aux crises nutritionnelles et alimentaires dans les départements de Podor, Kanel, Ranérou et Matam.

La priorisation des options d'adaptation avec l'analyse multicritères 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). Ce résultat montre l'importance de l'élevage dans la zone de Matam. Et à cause des fortes pluies et les inondations devenues très fréquentes à Matam, il y a l'émergence de maladies zoonotiques comme la Fièvre de la Vallée du Rift (FVR) ou la Fièvre Hémorragique Crimée Congo, qui affectent le cheptel dans la zone. Cependant il faut aussi noter que le reboisement constitue une priorité pour la zone afin d'apporter une réponse aux impacts liés aux sols comme la perte de particule fine, la réduction de l'activité biologique du sol, la compaction, l'encrouement, le lessivage, la perte de matière organique, l'envasement et la disparition des chenaux d'alimentation des mares et l'érosion des berges du fleuve qui impactent beaucoup l'Agriculture. L'utilisation du compost et l'épandage de fumier constituent aussi une priorité pour répondre à la baisse de la fertilité des sols due aux impacts climatiques.

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

Initiative/Options d'adaptation	Cohérence politiques	Faisabilité	Durabilité	Acceptabilité sociale	Efficience	Equité	Coût	Note	Rang
Diversification des cultures	4	4	4	3	4	3	4	26	4 ^{em} ex
Utilisation de variétés adaptées	4	4	3	3	4	3	2	23	13 ^{em} ex
DRS (endiguement des parcelles, Mise en place de diguette, cordons pierreux, Utilisation de pratique de l'AIC, Drainage des parcelles	4	4	4	4	3	3	3	25	6 ^{em} ex
Utilisation des informations climatiques	4	4	4	4	4	2	3	25	6 ^{em} ex
Reboisement	4	4	4	4	3	4	4	27	2 ^{em} ex
Mise en place de mini barrage et digue de rétention, bassin de rétention, lac artificiel	4	4	4	3	3	2	2	22	15 ^{em}
Utilisation du compostage et épandage de fumier	4	4	4	3	4	4	4	27	2 ^{em} ex
Utilisation de plante fourragère (Maralfalfa, niébé fourragère, etc.)	4	4	4	3	3	3	3	24	10 ^{em} ex
Aménagement de points de collecte d'eau (mares, bassins de rétention et lac artificiel)	4	4	4	4	3	2	3	24	10 ^{em} ex
Transhumance	2	4	3	3	2	3	4	21	16 ^{em}
Vaccination du cheptel	4	4	4	4	4	4	4	28	1 ^{er}
Repos biologique de certaines zones de pêche	4	4	4	3	4	3	4	26	4 ^{em} ex
Promotion de la pisciculture	4	4	4	3	3	2	3	23	13 ^{em} ex
Mise en défens	4	4	4	3	3	3	3	24	10 ^{em} ex
RNA	4	4	4	3	3	3	4	25	6 ^{em} ex
Restriction des permis de coupe du bois	4	4	4	3	3	3	4	25	6 ^{em} ex

5.2. Secteur de la santé

Les mesures identifiées pour le secteur de la santé 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)
Aggravation de certaines maladies	Renforcement des capacités des acteurs	Engagement communautaire Renforcement du système de santé ; infrastructures, équipements, RH Élaborer et rendre opérationnel à tous les niveaux un plan de réponse aux urgences
	Sensibilisation des populations surtout les couches vulnérables sur les risques	
	Intégration de la dimension changement climatique dans les documents de planification	
	Diffusion de l'information sur les changements climatiques – SAP	
Apparition de maladies émergentes et ré-émergentes	Renforcement des capacités des acteurs sur les maladies émergentes et réémergences	
	Sensibilisation des populations surtout les couches vulnérables sur les risques	
	Mettre en place de stratégies de vaccination et des mesures de biosécurité	
	Renforcer la plateforme One Health	
Problème d'accessibilité aux services de sante	Mettre en place un système d'approvisionnement pré hivernale	
	Prédispositionner des pirogues, de vedettes pour les évacuations sanitaires	
	Mettre en place un système d'électrification solaire- promotion du mixte énergétique	

En plus de ces stratégies d'adaptation, des efforts ont été consentis par l'État du Sénégal pour faire face aux impacts des changements climatiques dans le secteur de la santé : établissement de bulletins spéciaux en cas de risque d'épidémies ou d'événements extrêmes à fort impact sanitaire (inondations, vagues de chaleur, tempêtes de poussière), production de prévisions (journalière, saisonnière, mensuelle, moyenne échéance), et de projection.

Il a été recommandé 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 climato sensibles ;
- densifier et moderniser le réseau d'observation et améliorer la remontée et la disponibilité des données sanitaires.

Il existe également d'autres interventions dans le secteur de la santé notamment les projets et programmes mis en œuvre par le Ministère de la Santé et de l'Action Sociale (MSAS) et ses partenaires comme l'USAID dans le cadre de la lutte contre les impacts des changements climatiques :

- 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 grâce à la matrice multicritère a permis de placer l'intégration de la dimension changement climatique dans les documents de planification et l'intégration de modules sur les changements climatiques dans le curricula de formation de base comme options prioritaires à mettre en œuvre pour l'adaptation aux changements climatiques (Tableau 26). À cause des événements de pluies extrêmes et les inondations devenues très fréquents à Matam, 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 des mesures de biosécurité mais surtout l'approche One Health (OH), ou « une seule santé » en français serait 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 financières et de services environnementaux, qui ne pourrait pas être atteinte 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 Matam, 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, 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	Cohérence avec politiques	Faisabilité	Durabilité	Acceptabilité sociale et politique	Efficience	Equité	Coût	Note	Rang
Intégration de la dimension changement climatique dans les documents de planification	5	5	5	5	5	5	5	35	1er
Intégration de modules sur les changements climatiques dans le curricula de formation de base	5	5	4	5	5	5	5	34	2ème
Mettre en place un système d'électrification solaire- promotion du mixte énergétique	5	5	5	5	5	5	3	33	3ème
Diffusion de l'information sur les changements climatiques – SAP	5	5	4	5	3	5	5	32	4ème
Renforcement des capacités des acteurs	5	5	4	5	4	5	3	31	5ème
Renforcement des capacités des acteurs sur les maladies émergentes et réémergences	5	5	5	4	4	5	3	31	5ème
Renforcer la plateforme OneHealth	5	5	4	5	5	4	3	31	5ème
Prédispositionner des pirogues, de vedettes pour les évacuations sanitaires	5	5	3	5	5	5	2	30	8ème
Sensibilisation des populations surtout les couches vulnérables sur les risques	5	5	3	4	3	5	4	29	9ème
Mettre en place un système d'approvisionnement pré hivernale en médicaments et produits de santé	5	4	3	5	4	5	3	29	10ème
Vaccination et des mesures de biosécurité	5	5	3	3	4	4	1	25	11ème

5.3. Secteur des inondations

5.3.1. Critères de priorisation des options d'adaptation aux inondations

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 le (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.

Face à l'aléa relatif aux fortes précipitations et aux inondations occasionnées, les mesures d'adaptations adoptées sont relatives techniques de Défense et de Restauration des Sols (DRS), au curage des canaux, à l'application du code de l'urbanisme notamment le Plan Directeur d'Urbanisme, le Plan Directeur d'Assainissement à travers des infrastructures de gestion séparée des eaux pluviales et des usées, la construction de bassins de rétention et ouvrages adaptés de collecte des eaux pluviales des zones de convergence et de leur valorisation dans l'agriculture, l'élevage. Aussi, en fonction de l'urgence, on peut faire recours au pompage des eaux par la brigade nationale des sapeurs pompier (BNSP), même si cette opération n'est pas une mesure d'adaptation durable.

Des mesures d'adaptation préventives ont été également recommandées comme l'aménagement (restructuration) de quartiers se situant dans des zones à risque, l'aménagement et l'équipement de sites appropriés pour le relogement de populations occupant des zones non aedificandi, la requalification de zones non aedificandi en espaces verts, de maraîchage, de bassins de développement de l'aquaculture.

Des initiatives de construction de la digue de Ourosogui dans le cadre de la coopération décentralisée Matam et Yvelines, de la digue de la route de Matam dans le cadre du programme national Promoville, le bassin de rétention à Barmathiel (ASAMM-APEFAM).

5.3.2. Priorisation des options d'adaptation

Tableau 27 : Les options d'adaptation privilégiées sont les suivantes

Options d'adaptation	Notes	Rang
Endiguement	27	4
Cordons pierreux dans certains endroits	30	3 ^e
Reboisement des berges	32	1
Reprofilages des chenaux d'alimentation	31	2
Partage de l'information (sur les lâchers d'eau de Manantali)		
DRS (diguette, cordons pierreux, reboisement, mise en défens etc.)	30	3 ^e
Curage des canaux de Matam	30	3 ^e
Appliquer le code de l'urbanisme		
Système d'assainissement prenant en charge séparément les eaux pluviales et les eaux usées	24	6
Bassin de rétention dans les zones de convergences des eaux de ruissellement et ouvrages de gestion /valorisation des eaux pluviales et usées	27	4
Opération de pompage par la BNSP	27	4
Restructuration des quartiers situés dans des zones à risque (libération des zones non aedificandi)	25	5

5.4. Secteur des infrastructures

Les options d'adaptation qui ont été recensées ont été priorisées en tenant compte de 7 critères. Ces derniers ont été longuement discutés, dans le cadre d'un atelier, avec les différentes parties prenantes. Ces critères sont les suivants : la cohérence avec les politiques, la faisabilité, la durabilité, l'acceptabilité, l'efficacité, l'équité et le coût. Ce dernier est noté de 5 à 1 (coût très faible à un coût très élevé) au moment où le reste des critères est noté de 1 à 5 (de très faible à très élevé). Les scores donnés aux options ont permis de ressortir les options prioritaires suivantes : appropriation du projet par les populations :

- développement du cantonnage dans les CT ;
- renforcement de capacités des acteurs ;
- mise en place des digues-routes ;
- meilleure sécurisation des infrastructures ;
- mise hors d'eau de la route ;
- pose des gabions à l'aval des ouvrages ;
- protection des ouvrages ;
- protection des talus (perrets maçonnés ou B25) ;
- protection des zones de projet (fixation de dune ou sable mouvant) ;
- renforcement des berges par des gabions ;
- rétention des eaux en amont des ouvrages ;
- revêtement des pistes : (récemment une mission de la DREEC s'est rendue à Kanel mais ils se sont rendus compte que les pistes qui sont réalisées ont commencé à se détériorer alors qu'elles ne sont pas encore réceptionnées. Les matériaux utilisés posent donc encore problème. Il serait bon de prévoir l'utilisation du Probase pour rendre durables les infrastructures) ;
- revêtement des ouvrages d'assainissement ;
- système stabilisateur du vent ;
- renforcement de la signalisation.

CONCLUSION

Le PNA de la région de Matam a été élaboré dans une perspective de faciliter l'intégration des défis liés aux changements climatiques dans la planification et dans les prises de décisions au niveau local. Le PNA régional de Matam, 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, combiner 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

A. Béguin, S. Hales, J. Rocklöv, C. Åström, V. R. Louis, and R. Sauerborn, "The opposing effects of climate change and socio-economic development on the global distribution of malaria," *Global Environmental Change*, vol. 21, no. 4, pp. 1209–1214, Oct. 2011, doi: 10.1016/j.gloenvcha.2011.06.001.

ANSD/SRSD/Matam (2018). Situation Économique et Sociale Régionale 2017-2018.

Ba B., 2010 : Les relations transfrontalières entre deux villes jumelles du fleuve Sénégal : Matam Réo et Matam Sénégal. Mémoire de Maîtrise, Département de Géographie, FLSH, UCAD, 114 p.

Ba, D. D. (2018). Sécheresse climatique, dynamique actuelle et perspectives des activités agropastorales dans le Ferlo et la moyenne vallée du Fleuve Sénégal (Région de Matam) (Doctoral dissertation, Université Gaston Berger de Saint-Louis).

CR-Ogo (2012). Plan Local de Développement, Communauté rurale d'OGO Arrondissement de OGO (Département de Matam), dans le cadre du Programme National d'Infrastructures Rurales (PNIR). Etude réalisée par la FRAO (Fondation Rurale de l'Afrique de l'Ouest), 2012. Available at: <http://wordpress.developpementlocal-sahel.org/wp-content/uploads/2012/06/PLD-commune-Ogo.pdf>.

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

DAPSA (2021). Direction de l'Analyse, de la Prévision et des Statistiques Agricoles: Rapport de l'Enquête Agricole Annuelle (EAA) 2020-2021. Dakar/Sénégal Available at: https://www.dapsa.gouv.sn/sites/default/files/Rapport EAA 2020-2021_finale.pdf.

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

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.

I. DIOUF, 22_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

I. Diouf, J.-A. Ndione, and A. T. Gaye, "Malaria in Senegal: Recent and Future Changes Based on Bias-Corrected CMIP6 Simulations," *Tropical Medicine and Infectious Disease*, vol. 7, no. 11, Art. no. 11, Nov. 2022, doi: 10.3390/tropicalmed7110345.

IPCC, 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.

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.

Mbaye I., 2019 : Manifestations et stratégies d'adaptation au changement climatique. Des indicateurs opérationnels pour la gouvernance de la ville de Ziguinchor (Sénégal).

Miller D, Wasson M, Trazska S, et al (2014) Senegal climate change vulnerability assessment and options analysis. Rep African Lat Am Resil to Clim Chang Proj Washingt DC USAID

Ndione J-A., Diop M., Lacaux J-P., Gaye A.T., 2008. Variabilité intrasaisonnière de la pluviométrie et émergence de la fièvre de la vallée du Rift (FVR) dans la vallée du fleuve Sénégal : nouvelles considérations. Climatologie, vol. 5, pp. 83-97.

Ngueme O., 1994 : L'évolution économique du cercle de Matam de 1930 à 1960. Contribution à l'analyse du processus de marginalisation de la vallée du Sénégal. Mémoire de Maîtrise, Département d'Histoire, FLSH, UCAD, 162 p.

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.

Sall A. Y., 2015 : La variabilité pluviométrique de 1951 à 2012 dans la région de Matam et ses impacts sur la culture de décrue : cas de la commune des Agnams. Mémoire de Master, Département de Géographie, FLSH, UCAD, 120 p.

Thiam MD, les syndromes des inondations au Sénégal, Presses Universitaires du Sahel, 2011, 224p.

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: pnafeisenegal@gmail.com

Nous suivre

