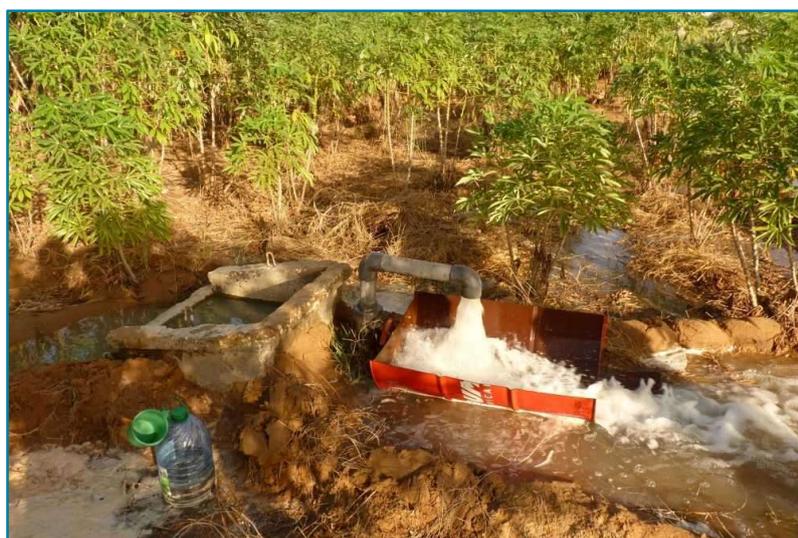


Adapt'Action

Sénégal – Étude des vulnérabilités aux effets attendus du changement climatique dans les zones agroécologiques de la Vallée du fleuve Sénégal (Axe 2)

Analyse des vulnérabilités et élaboration des options d'adaptation

08 avril 2021



LIVRABLE N°3/10 (version finale)

N° de concours : ZCZZ2L5227 F

Cette opération d'assistance technique est financée par l'Agence Française de Développement (AFD) dans le cadre de la Facilité Adapt'Action. Cette Facilité, démarrée en mai 2017, appuie les pays africains, les Pays les moins avancés (PMA) et les Petits Etats insulaires en développement (PEID) dans la mise en œuvre de leurs engagements pris dans le cadre de l'Accord de Paris sur le Climat, par le financement d'études, d'activités de renforcement des capacités et d'assistance technique, dans le secteur de l'adaptation en particulier. Les auteurs assument l'entière responsabilité du contenu du présent document. Les opinions exprimées ne reflètent pas nécessairement celle de l'AFD ni de ses partenaires.

TABLE DES MATIERES

SIGLES ET ABREVIATIONS	5
GLOSSAIRE	8
RESUME EXECUTIF.....	11
1 INTRODUCTION.....	19
1.1 CONTEXTE, OBJECTIFS ET CADRE THEORIQUE DE L'ETUDE	19
1.1.1 <i>Contexte de l'étude</i>	19
1.1.2 <i>Objectifs de l'étude</i>	20
1.1.3 <i>Cadre théorique mobilisant les concepts de vulnérabilité et d'adaptation</i>	20
1.2 METHODOLOGIE POUR LA CONSTRUCTION DES PROJECTIONS CLIMATIQUES	23
1.3 METHODOLOGIE POUR LE DIAGNOSTIC DES VULNERABILITES ET LA DEFINITION DES OPTIONS D'ADAPTATION	24
2 SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE : LA VFS DANS LE CONTEXTE DU CHANGEMENT CLIMATIQUE.....	30
2.1 LES GRANDES CARACTERISTIQUES DU PAYSAGE ET DU CLIMAT DE LA VFS.....	30
2.2 LE FONCIER.....	32
2.3 LES RESSOURCES EN EAU ET LES AMENAGEMENTS HYDRO-AGRIQUES	34
2.4 LES SYSTEMES DE CULTURE	36
2.5 LES SYSTEMES D'ELEVAGE	38
2.6 LES RESSOURCES HALIEUTIQUES ET LA PECHE	40
2.7 LES RESSOURCES LIGNEUSES.....	42
2.8 LA DEMOGRAPHIE ET LES MIGRATIONS	44
2.9 LES QUESTIONS DE GENRE.....	45
3 ANALYSE DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES OBSERVES ET FUTURS.....	47
3.1 CHANGEMENTS CLIMATIQUES OBSERVES DANS LA VFS.....	47
3.2 PROJECTIONS CLIMATIQUES PAR ZONE AGROECOLOGIQUE.....	50
3.2.1 <i>Projections climatiques pour la Vallée du fleuve Sénégal</i>	50
3.2.2 <i>Projections climatiques mensuelles par zone agro-écologique du Delta et des Moyenne et Haute Vallées</i>	56
3.2.3 <i>Projections climatiques mensuelles dans la zone du Haut Bassin</i>	59
3.3 PERSPECTIVES EN TERMES D'EVOLUTION DES RESSOURCES EN EAU	60
3.3.1 <i>Les ressources en eau de surface</i>	60
3.3.2 <i>Les ressources en eau souterraines</i>	63
3.4 ANALYSE DES IMPACTS PROBABLES DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES FUTURS PAR SYSTEME DE PRODUCTION	64
3.5 BESOINS COMPLEMENTAIRES DE MODELISATION	67
4 DIAGNOSTIC PARTICIPATIF DES VULNERABILITES	68
4.1 ETAT DES LIEUX DU SECTEUR AGROPASTORAL DANS LES CINQ ZONES D'ETUDE	68
4.1.1 <i>Lac de Guiers</i>	68
4.1.2 <i>Gandiolois</i>	70
4.1.3 <i>Podor</i>	71
4.1.4 <i>Matam</i>	73

4.1.5	<i>Bakel</i>	75
4.2	LES CHANGEMENTS HYDRO-CLIMATIQUES PERÇUS ET LEURS EFFETS.....	76
4.2.1	<i>Sur les ressources en eau, aménagements hydroagricoles et cultures irriguées</i>	76
4.2.2	<i>Sur les terres agricoles et systèmes de culture pluviaux</i>	79
4.2.3	<i>Sur les terres agricoles et systèmes de culture de décrue</i>	80
4.2.4	<i>Sur les zones de pâturage et systèmes d'élevage</i>	80
4.2.5	<i>Sur les autres ressources naturelles et moyens d'existence</i>	83
4.2.6	<i>Synthèse sur la perception des risques hydro-climatiques et des effets du changement climatique</i> ..	84
4.3	LES AUTRES FACTEURS DE VULNERABILITE	88
4.3.1	<i>Facteurs biotiques</i>	88
4.3.2	<i>Accès à la terre et aux autres moyens de production</i>	89
4.3.3	<i>Effets des aménagements</i>	90
4.3.4	<i>Dynamiques socio-démographiques</i>	91
4.3.5	<i>Encadrement et organisation des producteurs</i>	92
4.3.6	<i>Financement et accès au crédit</i>	93
4.4	VULNERABILITES SPECIFIQUES AUX FEMMES, AUX JEUNES ET AUX GROUPES SOCIAUX MARGINALISES.....	94
4.4.1	<i>Les inégalités d'accès au foncier</i>	94
4.4.2	<i>Les inégalités d'accès aux autres ressources et moyens de production</i>	95
4.4.3	<i>Autres facteurs de vulnérabilité</i>	97
4.5	SAVOIRS LOCAUX ET STRATEGIES D'ADAPTATION DEJA ADOPTEES DANS LA VFS	99
4.5.1	<i>Périmètres irrigués</i>	99
4.5.2	<i>Cultures maraîchères</i>	100
4.5.3	<i>Agriculture pluviale et de décrue</i>	101
4.5.4	<i>Elevage</i>	103
4.5.5	<i>Pêche</i>	104
4.5.6	<i>Foresterie et gestion des ressources naturelles</i>	105
4.6	INITIATIVES D'ADAPTATION PASSES ET EN COURS	107
5	LES OPTIONS D'ADAPTATION RETENUES	119
5.1	AXE 1 : INNOVATION ET PRODUCTION AGRICOLE DURABLE.....	119
5.1.1	<i>Gestion durable des eaux, des sols et des cultures</i>	119
5.1.2	<i>Amélioration et préservation des espèces cultivées</i>	121
5.1.3	<i>Gestion durable des parcours et des troupeaux</i>	123
5.2	AXE 2 : GESTION ET PREVENTION DES RISQUES LIES AUX EVENEMENTS HYDROMETEOROLOGIQUES EXTREMES	125
5.2.1	<i>Adaptation des activités agricoles aux prévisions climatiques (planification agricole)</i>	125
5.2.2	<i>Renforcement des systèmes d'assurance agricole</i>	126
5.2.3	<i>Mécanismes d'alerte et de réponse aux catastrophes</i>	127
5.2.4	<i>Gestion des crises pastorales</i>	129
5.3	AXE 3 : AMENAGEMENTS & INFRASTRUCTURES	130
5.3.1	<i>Vers des systèmes d'irrigation plus efficaces</i>	130
5.3.2	<i>Aménagements et points d'eau pour l'agriculture, l'élevage et la pisciculture</i>	133
5.3.3	<i>Gestion de l'eau et maintenance des périmètres irrigués</i>	135
5.3.4	<i>Gestion des barrages de Manantali et Diama</i>	137
5.3.5	<i>Infrastructures de transport, de stockage et de transformation</i>	138
5.4	AUTRES OPTIONS D'ADAPTATION ENVISAGEABLES	140
5.4.1	<i>Diversification des moyens d'existence</i>	140
5.4.2	<i>Restauration écologique des milieux naturels</i>	142
5.4.3	<i>Accès aux ressources et dispositifs de prévention des conflits</i>	143

6	CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS	144
6.1	BILAN GLOBAL POUR LA VFS	144
6.2	CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS SPECIFIQUES A CHAQUE ZONE AGROECOLOGIQUE	146
6.2.1	<i>Delta et Basse Vallée</i>	146
6.2.2	<i>Moyenne Vallée</i>	147
6.2.3	<i>Haute Vallée</i>	149
6.3	CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS STRATEGIQUES POUR LA SAED	150
	ANNEXES	152
	ANNEXE 1 : EXTRAIT DES TERMES DE REFERENCE DE L'ETUDE	152
	ANNEXE 2 : DIFFICULTES, CONTRAINTES, LEÇONS APPRISES ET BONNES PRATIQUES	154
	ANNEXE 3 : BIBLIOGRAPHIE	156
	ANNEXE 4 : EXEMPLE DE GRILLE DE COLLECTE DE DONNEES « FOCUS GROUP RIZICULTURE IRRIGUEE »	164
	ANNEXE 5 : PERSONNES ET STRUCTURES CONSULTEES.....	167
	ANNEXE 6 : ANALYSE DES FORCES, FAIBLESSES, MENACES ET OPPORTUNITES DES PRINCIPAUX SYSTEMES DE PRODUCTION ET FILIERES DE LA VFS	171

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1.	LA VULNERABILITE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE ET SES COMPOSANTES.	21
FIGURE 2.	CONFIGURATIONS RETENUES POUR L'EXPLOITATION DES DONNEES DE PROJECTIONS CLIMATIQUES.	23
FIGURE 3.	INDICATEURS CLIMATIQUES SIMULES DANS CETTE ETUDE.....	24
FIGURE 4.	LOCATION DES ZONES D'INTERVENTION DE LA SAED.....	26
FIGURE 5.	LOCALISATION DES SITES D'ENQUETE.....	26
FIGURE 6.	REPARTITION DES ZONES ET SITES AYANT ABRITE LES FOCUS GROUP ET ENTRETIENS SEMI-DIRIGES.....	28
FIGURE 7.	CARTE DE SITUATION DE LA VFS ET DE SES TROIS GRANDES ZONES AGROECOLOGIQUES.	31
FIGURE 8.	PROFIL MORPHO-TOPOGRAPHIQUE DE LA VALLEE DU FLEUVE SENEGAL.....	31
FIGURE 9.	VARIATIONS DES VOLUMES ECOULES (10^6 M ³) A BAKEL ET MATAM (1950-2017) ET DES VOLUMES LACHES A DIAMA (1987-2017).	34
FIGURE 10.	COMPARAISON DES APPORTS MOYENS (10^6 M ³) A LA STATION DE BAKEL SUR DIFFERENTES PERIODES.....	35
FIGURE 11.	SUPERFICIES CULTIVEES DANS LA ZONE D'INTERVENTION DE LA SAED EN 2019.....	35
FIGURE 12.	REPARTITION DES SUPERFICIES AMENAGEES PAR ZONE ET PAR TYPE D'AMENAGEMENT.....	36
FIGURE 13.	EVOLUTION DES SYSTEMES D'ELEVAGE DE LA VFS DES ANNEES 1950 A NOS JOURS.	39
FIGURE 14.	EVOLUTION INTERANNUELLE DE 1951 A 2019 DES TEMPERATURES MINIMALES MOYENNES ANNUELLES (°C) A SAINT-LOUIS, PODOR, MATAM ET BAKEL.....	48
FIGURE 15.	EVOLUTION INTERANNUELLE DE 1951 A 2019 DES TEMPERATURES MAXIMALES MOYENNES ANNUELLES (°C) A SAINT-LOUIS, PODOR, MATAM ET BAKEL.....	48
FIGURE 16.	EVOLUTION DES ANOMALIES DES CUMULS PLUVIOMETRIQUES ANNUELS DE 1940 A 2013 DANS LE BASSIN VERSANT DU FLEUVE SENEGAL.	49
FIGURE 17.	VARIATIONS DES TEMPERATURES MAXIMALES MEDIANES EN °C AUX HORIZONS 2035 ET 2050 POUR LES SCENARIOS CLIMATIQUES RCP 4.5 ET RCP 8.5.	52
FIGURE 18.	VARIATIONS DES TEMPERATURES MINIMALES MEDIANES EN °C AUX HORIZONS 2035 ET 2050 POUR LES SCENARIOS CLIMATIQUES RCP 4.5 ET RCP 8.5.	52
FIGURE 19.	VARIATIONS DES PRECIPITATIONS ANNUELLES CUMULEES EN % AUX HORIZONS 2035 ET 2050 POUR LES SCENARIOS CLIMATIQUES RCP 4.5 ET RCP 8.5.	53

FIGURE 20. VARIATIONS DES PRECIPITATIONS ANNUELLES CUMULEES EN % AUX HORIZONS 2035 ET 2050 POUR LES SCENARIOS CLIMATIQUES RCP 4.5 ET RCP 8.5.	53
FIGURE 21. VARIATIONS DU NOMBRE DE JOURS TRES CHAUD OU TMAX > 40°C EN JOURS AUX HORIZONS 2035 ET 2050 POUR LES SCENARIOS CLIMATIQUES RCP 4.5 ET RCP 8.5.	54
FIGURE 22. : VARIATIONS DU NOMBRE DE JOURS AVEC DES TEMPERATURES NOCTURNES MINIMALES SUPERIEURES A 20°C EN JOURS AUX HORIZONS 2035 ET 2050 POUR LES SCENARIOS CLIMATIQUES RCP 4.5 ET RCP 8.5.	54
FIGURE 23. VARIATIONS DES PRECIPITATIONS MAXIMALES CUMULEES SUR 1 JOUR EN MM AUX HORIZONS 2035 ET 2050 POUR LES SCENARIOS CLIMATIQUES RCP 4.5 ET RCP 8.5.	55
FIGURE 24. VARIATIONS DE LA MOYENNE DU BILAN HYDRIQUE CUMULE SUR 12 MOIS, EN TENANT COMPTE DE L'EVAPOTRANSPIRATION (SPEI OU INDICE STANDARD PRECIPITATION EVAPOTRANSPIRATION) AUX HORIZONS 2035 ET 2050 POUR LES SCENARIOS CLIMATIQUES RCP 4.5 ET RCP 8.5.	55
FIGURE 25. EXTREMA SAISONNIERS DES INDICATEURS CLIMATIQUES EXTREMES DANS LE DELTA (HAUT), LA MOYENNE VALLEE (MILIEU) ET LA HAUTE VALLEE (BAS).	58
FIGURE 26. EXTREMA SAISONNIERS DES INDICATEURS CLIMATIQUES EXTREMES DANS LA ZONE DU HAUT BASSIN.	60
FIGURE 27. CAPACITES DE STOCKAGE DES OUVRAGES EXISTANTS ET EN PROJET DE BARRAGES ET CENTRALES HYDROELECTRIQUES SUR LE BASSIN DU FLEUVE SENEGAL.	61
FIGURE 28. EVOLUTION FUTURE DES RESSOURCES EN EAU A LA STATION DU BAFING (EN AMONT DU BARRAGE DE MANANTALI) SELON PLUSIEURS MODELES CLIMATIQUES ET HYDROLOGIQUES POUR DIFFERENTS SCENARIOS D'EMISSION ET D'HORIZONS TEMPORELS	62
FIGURE 29. VOLUMES DES DEMANDES TOTALES ET NON SATISFAITES (MM3/AN) ACTUELS ET PROJECTIONS AUX HORIZONS 2025 ET 2075.	62
FIGURE 30. SYNTHESE DES RESULTATS DU SUIVI PIEZOMETRIQUE PAR COUPURE AU 1/200 000.	64
FIGURE 31. RECHARGE DE LA NAPPE A PARTIR DU FLEUVE ET DES CUVETTES D'INONDATIONS.	64
FIGURE 32. EVOLUTION DES SURFACES AMENAGEES POUR L'AGRICULTURE DANS LE DELTA ET AUTOUR DU LAC DE GUIERS.	69
FIGURE 33. REPARTITION DE LA POPULATION DANS LES DEPARTEMENTS RIVERAINS DU FLEUVE SENEGAL.	92
FIGURE 34. DIAGNOSTIC DES CONTRAINTES LIEES A L'ACCES AU FINANCEMENT DE L'AGRICULTURE DANS VFS.	94
FIGURE 35. DE L'IMPORTANCE DE MAINTENIR UN RESEAU D'OBSERVATION EMPIRIQUE.	128
FIGURE 36. EXECUTION DE TRAVAUX DE REVETEMENT EN BETON PAR TRONÇONS.	131
FIGURE 37. ILLUSTRATION DU SYSTEME CALIFORNIEN D'IRRIGATION A LA RAIE PAR GAINES SOUPLES.	131
FIGURE 38. ILLUSTRATION D'UN RESEAU BASSE PRESSION DE LA POMPE A LA PLANTE.	131
FIGURE 39. INSTALLATION D'UN RESEAU BASSE PRESSION DANS UNE PARCELLE DE MANIOC.	132
FIGURE 40. IRRIGATION LOCALISEE ET GESTION DE LA SALINITE DES SOLS.	132
FIGURE 41. SYSTEME D'ASPERSION (DETAIL).	132
FIGURE 42. LE CAS DES AMENAGEMENTS SOMMAIRES AUTOUR DU LAC DE GUIERS.	134

Sigles et abréviations

AFD	Agence Française de Développement
AHA	Aménagement hydro-agricole
AI	Aménagement intermédiaire
AIDEP	Projet d'Appui à l'Agriculture Irriguée et Développement Économique des Territoires Ruraux de Podor
ANA	Agence Nationale de l'Aquaculture
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
APEFAM	Appui à la Promotion des Exploitations Agricoles Familiales dans la Région de Matam (projet AFD)
ASAMM	Amélioration de la Sécurité Alimentaire et Appui à la Mise en Marché dans la Région de Matam (projet AFD)
AVEC	Association villageoise d'épargne et de crédit
AVSF	Agronomes et Vétérinaires sans Frontières
BAME	Bureau d'Analyse Macro-économiques
BRACED	Building Resilience and Adaptation to Climate Extremes and Disasters (programme de renforcement de la résilience des communautés aux extrêmes climatiques)
CADL	Centre d'Appui au Développement Local
CC	Changement climatique
CCAFS	Climate Change Agriculture and Food Security (programme du CGIAR)
CCKP	Climate Change Knowledge Portal (Banque mondiale)
CCNUCC	Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques
CDN	Contribution déterminée au niveau national
CERAAS	Centre d'Etude Régional pour l'Amélioration de l'Adaptation à la Sécheresse
CGIAR	Consultative Group for International Agricultural Research
CIRAD	Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement
CLIMAP	Climate Long-Range Investigation Mapping and Prediction
CMIP5	Coupled Model Intercomparison Project Phase 5
CMS	Crédit Mutuel du Sénégal
CNAAS	Compagnie Nationale d'Assurance Agricole du Sénégal
CNCR	Conseil National de Concertation et de Coopération des Ruraux
CO₂	Dioxyde de carbone
COMNAC	Comité National sur les Changements Climatiques
CORDEX	Coordinated Regional Downscaling Experiment
CPDN	Contribution prévue déterminée au niveau national
CPE	Commission Permanente des Eaux
CRU	Climate Research Unit
CSC	Contre saison chaude
CSE	Centre de Suivi Écologique
CSF	Contre saison froide

DAPSA	Direction de l'Analyse, de la Prévision et des Statistiques Agricoles
DEEC	Direction de l'Environnement et des Établissements Classés
DELTA	Projet de Développement Économique Local et Transition Agro-écologique dans le Delta du fleuve Sénégal
DGPRES	Direction de la Gestion et de la Planification des Ressources en Eau
DPV	Direction de la Protection des Végétaux
DRDR	Direction Régionale du Développement Rural
DREEC	Direction Régionale de l'Environnement et des Établissements Classés
DRH	Direction Régionale de l'Hydraulique
DRS-CES	Défense et restauration des sols – Conservation des eaux et des sols
DV	Direction Volontaire
EIES	Étude d'impact environnemental et social
ENDA TM	Environnement et Développement du Tiers Monde
ESD	Entretien semi-dirigé
FAO	Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture
FED	Fonds Européen de Développement
FG	Focus group
FNDASP	Fonds National de Développement Agro-sylvo-pastoral
GA	Grand aménagement
GIEC	Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (IPCC en anglais)
GIZ	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (agence de coopération internationale allemande pour le développement)
GMP	Groupe moto pompe
GPF	Groupement de promotion féminine
GTD	Gestion durable des terres
IER	Institut d'Économie Rurale
IPAR	Initiative Prospective Agricole et Rurale
IPOS	Interprofessionnelle des Producteurs d'Oignon du Sénégal
IRD	Institut de Recherche pour le Développement
ISRA	Institut Sénégalais de Recherche Agronomique
LBA	La Banque Agricole
LOASP	Loi d'Orientation Agro sylvo pastorale
MAER	Ministère de l'Agriculture et de l'Équipement Rural
MEDD	Ministère de l'Environnement et du Développement Durable
OLAC	Office des Lacs et Cours d'Eau
OMVG	Organisation pour la Mise en Valeur du Fleuve Gambie
OMVS	Organisation pour la Mise en Valeur de la Vallée du Sénégal
ONG	Organisation non gouvernementale
OP	Organisation de producteurs
OPA	Organisation professionnelle agricole
OSB	Opération Sauvegarde Bétail
P2RS	Programme Régional de Renforcement de la Résilience à l'Insécurité Alimentaire et Nutritionnelle au Sahel
PADAER	Programme d'Appui au Développement Agricole et à l'Entrepreneuriat Rural

PAM	Programme Alimentaire Mondial
PAPA	Plan d'Action Prioritaire d'Adaptation
PDIDAS	Projet de Développement Inclusif et Durable de l'Agribusiness au Sénégal
PDMAS	Programme de Développement des Marchés agricoles du Sénégal
PFNL	Produit forestier non ligneux
PGIRE	Projet de Gestion Intégrée des Ressources en Eau et de Développement des Usages Multiples du Bassin du Fleuve Sénégal
POAS	Plan d'occupation et d'aménagement des sols
PRACAS	Programme de Relance et d'Accélération de la Cadence de l'Agriculture Sénégalaise
PREFELAG	Projet de Restauration des Fonctions Ecologiques et Economiques du Lac de Guiers
PROCASEP	Projet Cadastre et Sécurisation Foncière au Sénégal
PRODAM	Projet de Développement Agricole de Matam
PSE	Plan Sénégal Emergent
RCP	Representative Concentration Pathway
RN	Route nationale
SAED	Société Nationale d'Aménagement et d'Exploitation des Terres du Delta du Fleuve Sénégal et des Vallées du Fleuve Sénégal et de la Falémé
SCL	Société de Cultures Légumières
SDDR	Service Départemental du Développement Rural
SOCAS	Société de Conserves Alimentaires du Sénégal
SRI	Système de riziculture intensif
Tm	Température minimale
Tx	Température maximale
UCAD	Université Cheikh Anta Diop de Dakar
UNDP	United Nations Development Programme
UP	Unité pastorale
VFS	Vallée du fleuve Sénégal
WAF	West African Farms

Glossaire

Adaptation au changement climatique : ajustements d'un système – écologique et/ou socioculturel – au changement climatique pour se protéger, renforcer sa résilience ou se transformer sous l'effet dudit changement. Le concept d'adaptation, central dans le 5^{ème} rapport du GIEC (2013), y garde une définition très large, ce qui permet notamment à ce terme de rester consensuel dans les négociations internationales. Dans le 4^{ème} rapport d'évaluation (2007), l'adaptation désigne des ajustements des systèmes naturels ou humains en réaction à des stimuli climatiques (actuels ou attendus) ou à leurs effets pour réduire les dommages induits ou exploiter les opportunités de gains.

Changement climatique : la Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC), dans son Article 1, définit le changement climatique comme « *des changements de climat qui sont attribués directement ou indirectement à une activité humaine altérant la composition de l'atmosphère mondiale et qui viennent s'ajouter à la variabilité naturelle du climat observée au cours de périodes comparables* ». La CCNUCC établit ainsi une distinction entre le changement climatique qui peut être attribué aux activités humaines altérant la composition de l'atmosphère, et la variabilité climatique due à des causes naturelles.

Gaz à effet de serre (GES) : composantes gazeuses de l'atmosphère, tant naturelles qu'anthropiques, qui absorbent et émettent des radiations à des longueurs d'onde particulières et qui causent l'effet de serre. Les principaux gaz à effet de serre sont la vapeur d'eau (H₂O), le dioxyde de carbone (CO₂), l'oxyde nitreux (N₂O), le méthane (CH₄) et l'ozone (O₃).

GIEC : Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (IPCC en anglais pour *Intergovernmental Panel on Climate Change*). Groupe de recherche piloté par l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM) et le Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE), chargé d'organiser la synthèse des travaux scientifiques sur le changement climatique

Horizon : une période future à l'étude où les sorties de simulations climatiques sont examinées ou pour laquelle les scénarios futurs sont produits. La communauté scientifique de climatologie tend à converger vers des horizons temporels communs qui sont recommandés par l'OMM. Ces horizons couvrent typiquement des périodes de 20 ou 30 ans. Par exemple, l'horizon 2050 correspond souvent aux années 2041-2070.

Incertitude : exprime à quel point une valeur (p. ex. l'état futur du système climatique) est inconnue. L'incertitude peut provenir du manque d'information ou d'un désaccord sur ce qui est connu ou même connaissable. Elle peut avoir plusieurs sources, allant d'erreurs quantifiables dans les données jusqu'à des concepts ou une terminologie définis de manière ambiguë, en passant par des projections incertaines du comportement humain.

Maladaptation : désigne un processus d'adaptation qui résulte directement en un accroissement de la vulnérabilité à la variabilité et au changement climatiques et/ou en une altération des capacités et des opportunités actuelles et futures d'adaptation. La maladaptation peut résulter en des effets négatifs qui sont aussi sérieux que les impacts du changement climatique que l'on cherche à éviter. Cette notion de maladaptation est définie par le GIEC de la manière suivante : un changement dans les systèmes naturels ou humains qui conduit de manière non intentionnée à augmenter la vulnérabilité au lieu de la réduire. Une explication plus pragmatique est proposée par Downing pour lequel la

maladaptation correspond à l'une des situations suivantes : (i) utilisation inefficace de ressources comparée à d'autres options d'utilisation (par exemple, faire en sorte que chaque investissement soit calibré par rapport au changement climatique engendrerait un surcoût qui ne serait sans doute pas profitable à l'ensemble de la société) ; (ii) transfert de vulnérabilité d'un système à un autre, mais également d'une période à une autre (une mesure peut être positive sur une période et négative ensuite, ou inversement) ; (iii) réduction de la marge d'adaptation future (mesures qui limitent la flexibilité éventuelle, par exemple, plantation d'essences d'arbres à rotation longue) ; (iv) erreur de calibrage (sous-adaptation ou adaptation sous-optimale).

Modèle climatique : représentation numérique du système climatique, basée sur les propriétés physiques, chimiques et biologiques de ses composantes, leurs interactions et leurs processus de rétroaction, et qui représentent certaines ou toutes ses propriétés connues.

Modèle climatique global (MCG) : modèle informatique qui constitue une représentation mathématique du système climatique, basée sur des équations qui gouvernent les processus physiques sous-jacents au climat, y compris le rôle de l'atmosphère, de l'hydrosphère, de la biosphère, etc. Il représente un outil unique qui aide à reproduire un ensemble complexe de processus pertinents pour l'évolution du climat. Notez que le terme modèle de circulation globale est souvent utilisé comme synonyme.

Modèle climatique régional (MCR) : tout comme un MCG, le modèle climatique régional est une représentation mathématique du système climatique, basée sur des équations qui décrivent les processus physiques sous-jacents au climat. Cela comprend les processus et les caractéristiques de l'atmosphère, de la lithosphère, de l'hydrosphère, de la cryosphère et de la biosphère. Les MCR ont une résolution plus fine que les MCG. Les MCR sont typiquement des modèles « à domaine limité », c'est-à-dire qui ne couvrent qu'une partie de la planète.

Prévision climatique : simulation de l'évolution dans le temps du système climatique à partir d'un état initial connu.

Projection climatique : simulation visant à estimer la réponse du système climatique à divers scénarios de forçages externes (émission de gaz à effet de serre, aérosols, etc.).

Résilience : le GIEC considère que la résilience est « *la capacité d'un système et de ses composantes à anticiper, à absorber, s'accommoder ou se remettre des effets d'un aléa dangereux d'une manière opportune et efficiente, notamment en veillant à la préservation, la restauration ou l'amélioration de ses structures et fonctions de base essentielles* » (GIEC, 2012).

Scénarios d'émissions de gaz à effet de serre : décrivent des changements futurs plausibles des émissions de GES dans l'atmosphère. Ces changements dépendent d'hypothèses comme le changement technologique, la croissance démographique et le développement socioéconomique (GIEC, 2007). Les concentrations de GES sont présentement décrites par des trajectoires de concentration représentatives (RCP pour *representative concentration pathways* en anglais). Les RCP sont des trajectoires de forçage radiatif liés aux scénarios de développement socio-économique et technologique du monde.

Simulation climatique : le résultat de l'exécution d'un modèle climatique pendant une certaine période de temps. La durée d'une simulation peut varier de quelques années à des milliers d'années

et la simulation sera calculée itérativement à des intervalles de quelques minutes. Elles sont exécutées tant pour le passé que pour le futur.

Trajectoire de concentration représentative (RCP) : scénarios qui comprennent des séries temporelles d'émissions et de concentrations de la gamme complète de gaz à effet de serre et d'aérosols de même que des gaz chimiquement actifs et de l'utilisation des terres. Le mot « représentative » signifie que chaque RCP fournit seulement un des nombreux scénarios possibles qui mèneraient aux caractéristiques particulières de forçage radiatif. Quatre RCP ont été sélectionnées comme base des projections climatiques utilisées dans le 5^{ème} rapport d'évaluation publié par le GIEC.

Variabilité climatique : variations au-dessus ou au-dessous d'un état moyen à long terme du climat. Cette variabilité peut être causée par des processus internes naturels au sein du système climatique (variabilité interne) ou par des variations dans le forçage externe anthropique (variabilité externe).

Vulnérabilité : désigne à quel point un système est sensible aux effets nuisibles du changement climatique et est incapable de les absorber. La vulnérabilité est une fonction de la nature, de la magnitude et du taux de changement.

Résumé exécutif

Contexte de l'étude, objectifs et méthodologie

Le Sénégal figure parmi les pays du monde considérés comme étant très vulnérables et les moins préparés face au changement climatique (CC). Le pays est exposé à divers aléas hydro-climatiques et son économie est fortement sensible au climat et à ses variations. Le Sénégal est partenaire de la Facilité Adapt'Action, une initiative financée par l'Agence Française de Développement (AFD) pour aider le pays à relever le défi de l'opérationnalisation de l'Accord de Paris sur le climat. La Vallée du fleuve Sénégal (VFS), milieu artificialisé depuis l'avènement des grands barrages et le développement de l'agriculture irriguée, subit néanmoins les effets du CC. La présente étude s'inscrit dans le cadre de la Facilité Adapt'Action et d'un partenariat de plus de trente ans entre l'AFD et la Société Nationale d'Aménagement et d'Exploitation des Terres du Delta du Fleuve Sénégal et des Vallées du Fleuve Sénégal et de la Falémé (SAED). Elle vise à analyser les vulnérabilités du secteur agricole aux effets attendus du CC dans les trois zones agroécologiques de la VFS (Delta, Moyenne et Haute Vallée) et à identifier des options d'adaptation qui pourront être intégrées par la SAED et ses partenaires dans la poursuite de ses objectifs d'aménagement de la vallée et d'appui au développement économique local, en collaboration avec le Ministère de l'Environnement et du Développement Durable (MEDD) et le Ministère de l'Agriculture et de l'Équipement Rural (MAER).

Selon le cadre théorique adopté, favoriser l'adaptation au CC des communautés et des filières porteuses de la VFS consiste à réduire leur exposition, leur sensibilité et à renforcer leurs capacités d'adaptation aux risques climatiques et non climatiques actuels et futurs. Les données de projections climatiques ont été obtenues via deux portails en ligne : le *Climate Change Knowledge Portal* (CCKP) de la Banque mondiale et le Géoportail Sénégal CLIMAP¹. Le diagnostic des vulnérabilités et la définition des options d'adaptation reposent sur les méthodes suivantes : (i) une analyse documentaire combinée à la collecte de données hydro-climatiques ; (ii) une série de réunions techniques portant sur les CC observés et futurs ; (iii) une mission de terrain de collecte de données sur la perception des vulnérabilités et les options d'adaptation, accompagnée de visites d'initiatives concrètes d'adaptation au CC ; (iv) des ateliers de co-élaboration des options d'adaptation au niveau de chaque zone d'étude ; (v) un atelier de restitution à l'échelle nationale.

La mission de terrain a été menée dans cinq zones : Lac de Guiers et Gandiolais pour le Delta, Podor et Matam pour la Moyenne Vallée, et Bakel pour la Haute Vallée. Dans chaque zone d'étude, 4 à 5 sites ont été choisis avec la SAED pour réaliser une consultation des communautés locales sous forme de « focus group » (FG), combinés avec des entretiens semi-dirigés (ESD) auprès d'acteurs clés de la VFS. Les 5 ateliers zonaux ont permis de poser un premier diagnostic des vulnérabilités et de prioriser les options d'adaptation identifiées. Les effets du CC identifiés lors des consultations, tout comme les réponses apportées, ont été analysés de façon sexo-spécifique.

¹ L'élaboration de CLIMAP a été appuyée par l'Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie (ANACIM), le Centre de Suivi Ecologique (CSE), l'AFD, l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD), le Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS), le ministère français de la transition écologique et AMMA-2050 (analyse multidisciplinaire de la mousson africaine).

Présentation de la VFS et synthèse des principaux éléments bibliographiques

La VFS concentrait 16% de la population du Sénégal en 2013, pour l'essentiel dans la vallée alluviale, qui s'étend sur plus de 600 km. On distingue le long de la VFS plusieurs grands groupes de paysages et de sols, façonnés par le fleuve et ses crues : le *walo*, ensemble de cuvettes dans la zone inondable, site principal des cultures de décrue et qui abrite également des grands aménagements hydro-agricoles ; les *falo*, berges en pente douce exploitées avec des cultures de décrue diversifiées ; les *fonde*, bourrelets de berge, zone de polyculture où on cultive le sorgho en cas de forte crue, les cultures sous pluies et le riz irrigué ; le *diéri* ou zone exondée, où se pratiquent les cultures pluviales et l'élevage extensif. Dans le Gandiolais, on y trouve des dépressions inter dunaires, favorables aux cultures maraîchères. Le Lac de Guiers, situé au centre d'une vaste dépression naturelle, est alimenté par le fleuve Sénégal et entouré d'une zone semi-désertique. Le climat de la VFS est de type sahélien, avec des précipitations moyennes variant de 200 à 600 mm/an de la Basse vers la Haute Vallée.

La probabilité d'inondation d'une parcelle dans la plaine alluviale détermine sa valeur et fonde les systèmes inégalitaires d'exploitation et d'appropriation des terres. Les terres alluviales (*walo*) sont historiquement contrôlées par les groupes statutaires dominants. Les conflits fonciers entre agriculteurs et éleveurs, ou entre agriculteurs et investisseurs agro-industriels, exacerbent la vulnérabilité des producteurs de la VFS au CC. Les ressources en eau de la VFS sont essentiellement constituées des apports du haut bassin du fleuve Sénégal, en amont de Bakel. Avant la mise en place des barrages, le régime naturel du fleuve se caractérisait par de très fortes variabilités interannuelles, avec une réduction de moitié du débit moyen entre les années 50 humides et les années 70 et 80 sèches. Grâce à l'irrigation, près de 105 000 ha, sur un potentiel irrigable d'environ 240 000 ha, ont été cultivés en 2019 dans la zone d'intervention de la SAED, qui distingue trois catégories d'aménagements hydro-agricoles (AHA) : les grands aménagements, les périmètres irrigués privés et les périmètres irrigués villageois. A ces types d'AHA, il convient d'ajouter les aménagements de décrue (peu nombreux) et les petits périmètres horticoles (Lac de Guiers et Gandiolais surtout).

Les systèmes de culture de la VFS se différencient selon leur mode d'alimentation en eau : irrigués, de décrue et pluviaux. Les cultures irriguées (riziculture et maraîchage) sont en pleine expansion dans la VFS. Les cultures de décrue (sorgho, maïs aussi maïs, niébé, patate et cucurbitacées) ont une importance relative plus forte en Moyenne Vallée, bien que les surfaces aient considérablement décliné au cours des dernières décennies. Les cultures céréalières pluviales (mil, maïs et sorgho) sont de plus en plus délaissées, tandis que le niébé et la pastèque sont en expansion. L'élevage extensif est une activité anciennement ancrée dans la VFS et qui y perdure, notamment dans le *diéri*, espace non aménagé et moins propice aux cultures. La majorité des pêcheurs de la VFS sont occasionnels et pêchent pour leur consommation personnelle ou pour une vente locale dans les villages. La production piscicole reste encore à un niveau insignifiant par rapport à la demande nationale. Les gonakiers constituent la principale ressource ligneuse. La végétation de la VFS s'est réduite et appauvrie depuis plus d'un siècle. Les déboisements ont contribué à l'augmentation du caractère torrentiel de la crue.

La VFS est la première région migratoire du pays. La mobilité saisonnière est l'instrument d'accès aux ressources agricoles et pastorales des terroirs complémentaires de la VFS. Les flux d'émigration se sont intensifiés depuis la fin des années 90, mais de nouveaux flux d'immigration vers la vallée émergent, en provenance de pays voisins. A l'instar de la situation à l'échelle nationale, les femmes participent à tous les maillons de la production agricole dans la VFS, mais ont cependant un accès limité à la terre

et aux moyens de production, en raison notamment d'un mode dominant d'accès par héritage. Elles sont particulièrement actives dans la transformation et la commercialisation des produits agricoles.

Analyse des changements climatiques observés et futurs

L'analyse du climat selon l'observation, des années 1950 à nos jours, montre que les CC sont déjà une réalité dans la VFS : les températures ont partout augmenté jusqu'à plus de +1°C, les pluies sont devenues de plus en plus irrégulières et les phénomènes météorologiques extrêmes de plus en plus fréquents. L'analyse des données de projections climatiques obtenues à partir des portails CCKP et CLIMAP montre que les températures minimales et maximales moyennes annuelles augmenteraient jusqu'à +2°C en 2050 et pour le RCP8.5 dans la Moyenne et la Haute Vallée. Bien qu'elles soient associées à de fortes incertitudes, les projections indiquent que les pluies enregistreraient des baisses plus importantes pouvant atteindre 10% en 2050 pour les RCP4.5 et 8.5 dans la Haute Vallée et les régions sources. On note aussi un accroissement remarquable du nombre de jours où la température maximale est supérieure à 40°C à l'intérieur des terres (Moyenne et Haute Vallée) qui irait de 30-35 jours pour le RCP4.5 en 2035 à plus de 70-80 jours pour le RCP 8.5 en 2050. Par ailleurs, les zones proches de l'océan (Delta) deviendraient plus chaudes la nuit avec un nombre de jours de températures nocturnes supérieures à 20°C qui atteindrait 40 jours en 2035 et plus de 70 jours en 2050 pour le scénario pessimiste (RCP8.5). Enfin, le cœur de la saison des pluies (août et septembre) deviendrait de moins en moins pluvieux.

Les ressources futures en eau de surface dans la Moyenne et Basse Vallée dépendent à la fois de l'évolution du climat (apports pluviométriques), de la gestion des barrages hydroagricoles actuels et du programme de construction de nouveaux ouvrages. Les demandes actuelles en eau, avec les 4 barrages en fonctionnement (dont un seul barrage de retenue), accusent un déficit supportable de 1%. Ce dernier passerait à 7% si les 4 ouvrages supplémentaires projetés sont mis en service. A l'horizon 2075 (scénario d'une période sèche), la non satisfaction des demandes s'élèverait à 20%.

En extrapolant les données de la littérature au cas de la VFS, l'analyse des impacts des CC futurs montre que le raccourcissement de la période de croissance du riz (autour de 6 jours) dû à des températures plus élevées (de 2°C environ) aura un impact négatif sur les rendements, qui baisseront de 24% avec le RCP 8.5. Sans la mise en place de mesures d'adaptation, l'élévation des températures fera chuter les rendements des cultures maraichères de 50% en 2050. Le CC devrait globalement diminuer les rendements des cultures pluviales en raccourcissant la durée de la saison de croissance, en amplifiant le stress hydrique et thermique et en augmentant l'incidence des maladies, des ravageurs et des mauvaises herbes. Les baisses des débits annuels du fleuve (de 8% dans le Haut Bassin pour le RCP 4.5 et 16% sous le RCP8.5 à l'horizon 2050), les aménagements de périmètres irrigués dans la vallée et l'édification de barrages hydro-électriques à l'amont du fleuve auront un impact direct sur les crues et les productions agricoles. Le stress thermique impactera négativement la reproduction et la mortalité des troupeaux. Le CC entraînera, pour le secteur de la pêche, des situations de stress thermique dues au réchauffement des eaux de surface, la réduction des concentrations d'oxygène dissous et la salinité de l'eau.

Diagnostic participatif des vulnérabilités

L'état des lieux du secteur agropastoral dans les cinq zones étudiées a fait ressortir les principales caractéristiques et tendances suivantes :

- Lac de Guiers : un recul du mil au profit de cultures de rente (pastèque) ; le développement des périmètres irrigués et l'insertion croissante d'agro-industries ; malgré le potentiel agro-pastoral important, de nombreux facteurs de vulnérabilité dont (i) des aménagements hydro-agricoles sommaires mal conçus et très consommateurs d'eau, (ii) la colonisation du lac et des chenaux par des plantes aquatiques, (iii) la faible fertilité des sols.
- Gandiolais : la récurrence de sécheresses et la salinisation des sols, qui ont façonné les activités agricoles ; une spécialisation vers le maraichage, dont l'oignon ; l'absence de rotation culturale et la monoculture, qui engendrent une baisse progressive de productivité ; la faible organisation des producteurs et le manque d'aménagement.
- Podor : une zone de polyculture, avec une séparation nette entre les systèmes du *diéri* et ceux du *walo* ; un recul des surfaces cultivées en décrue au profit des cultures irriguées, accompagné d'une perte du capital semencier et d'une chute des rendements de sorgho ; le développement des périmètres irrigués dans le *walo* le long des défluent ; des sécheresses récurrentes qui affectent fortement le *diéri*, ses cultures pluviales et l'élevage extensif de bovins et petits ruminants.
- Matam : un réseau hydrographique diversifié (fleuve, défluent, marigots et mares) ; un potentiel irrigable conséquent (55 000 ha aménageables) ; la combinaison de systèmes pluviaux, irrigués et de décrue ; la place importante du riz (autoconsommé) dans la sécurité alimentaire des ménages ; une vocation pastorale encore forte, mais de nombreuses contraintes, en particulier la diminution des pâturages et l'accès difficile à l'eau.
- Bakel : le rôle crucial de l'eau du fleuve et des grandes mares pour tous les systèmes de production, y compris l'élevage ; des cultures vivrières (mil, sorgho, maïs et niébé) encore prépondérantes et des systèmes surtout tournés vers l'autosuffisance alimentaire ; un essor du maraichage autour des grandes mares et dans les périmètres aménagés par la SAED ; une zone d'élevage autochtone et d'accueil des transhumants du Delta et de la Moyenne Vallée.

Dans les cinq zones d'études, les changements hydro-climatiques sont bien ressentis par les producteurs et les acteurs locaux enquêtés, qui ont notamment souligné : (i) l'augmentation générale des températures, (ii) l'irrégularité des pluies, (iii) le raccourcissement de la saison des pluies notamment dans le Delta (Gandiolais et Lac) et la partie aval de la Moyenne Vallée, (iv) des vents chauds et secs, de plus en plus violents et chargés de poussières, (v) des inondations récurrentes, (vi) la faible amplitude des crues voire leur absence, (vii) la baisse rapide du plan d'eau du fleuve Sénégal et de ses défluent et affluent (notamment dans la Haute Vallée et en amont de la Moyenne Vallée), (viii) l'élévation du niveau de la mer et l'intrusion marine (amplifiée par l'ouverture de la brèche) dans la zone du Gandiolais, (ix) les sécheresses répétées, qui affectent particulièrement les zones de *diéri*.

D'ores et déjà ces changements climatiques observés ont des impacts négatifs bien perceptibles sur les activités agricoles. Pour les cultures irriguées, on note les principaux effets suivants :

- La perturbation des calendriers culturaux et la difficulté de pratiquer la double riziculture ;
- L'augmentation de la fréquence d'irrigation, des quantités d'eau utilisées et des coûts hydrauliques y afférents (surtout dans la Haute Vallée et en amont de la Moyenne Vallée) ;
- Le stress thermique et le mauvais remplissage des grains ;
- L'augmentation des surfaces inondées et sinistrées ;
- La baisse du rendement en hivernage et la détérioration de la qualité des grains de riz récoltés sous pluies précoces ;

- Les difficultés à planer les parcelles d'hivernage ;
- L'échaudage des cultures sensibles à la chaleur comme la tomate, ainsi que le pourrissement de certains légumes comme les choux et tomates ;
- Les avortements sur des cultures sensibles comme le maïs.

Pour l'agriculture de décrue, on note une diminution des surfaces cultivées et des rendements, en particulier ceux du sorgho, ainsi que la recolonisation par des arbustes des terres de décrue délaissées. Les déficits hydriques, les ressemis, les pertes de rendement par inachèvement des cycles de culture, la disparition progressive de la culture du mil au profit du niébé et des pastèques dans plusieurs zones (Lac de Guiers, Gandiolais et Podor) sont parmi les principaux effets des CC sur l'agriculture pluviale de la VFS. Les impacts sur les systèmes d'élevage se traduisent entre autres par le tarissement précoce des mares du *diéri*, la rareté précoce du fourrage naturel et sa moindre qualité, l'allongement de la durée des transhumances, l'émergence de maladies, l'infertilité du bétail, la mortalité élevée du bétail mais aussi des volailles. Quant à la pêche continentale, la ressource diminue tant en quantité qu'en diversité en raison notamment de la hausse de la température de l'eau, de la faiblesse récurrente de la crue et des pertes d'habitats et de zones de frayes. Enfin, de manière transversale, les différents systèmes de production sont affectés par : (i) la dégradation des pistes et routes d'accès aux zones de production (du fait des dégâts occasionnés par les fortes pluies et les inondations) ; (ii) le tarissement précoce des mares et retenues d'eau ; (iii) l'accélération de la salinisation de l'eau des nappes et des puits (dans le Gandiolais) du fait de l'élévation du niveau de la mer combinée à l'ouverture de la brèche.

Aux changements hydro-climatiques s'ajoutent des facteurs de risques non climatiques qui amplifient la vulnérabilité globale des systèmes de production de la VFS, notamment : (i) les pertes de récolte dues aux oiseaux granivores, aux insectes piqueurs suceurs et à la divagation des animaux, (ii) la faible mécanisation (surtout dans la Haute Vallée), (iii) les pannes récurrentes des groupes moto pompes (GMP), (iv) le manque de main-d'œuvre familiale et le renchérissement de son coût (surtout dans le Delta), qui affectent particulièrement les productrices, (v) l'usage encore limité de techniques et technologies d'adaptation au CC et l'insuffisance de l'encadrement technique (voire son inexistence pour les productions maraichères des zones du Gandiolais et du Lac), (vi) les difficultés d'accès au crédit et aux intrants agricoles. Par ailleurs, certaines vulnérabilités sont spécifiques aux femmes, aux jeunes et aux autres catégories sociales défavorisées, dont les inégalités d'accès au foncier. Les productrices de la VFS n'accèdent facilement aux terres que sous forme de groupements féminins. Les inégalités de genre concernent également l'accès au financement, aux intrants et à la formation (en particulier sur les stratégies d'adaptation au CC).

Pour faire face aux CC actuels et à leurs effets, les producteurs et acteurs des filières ont déjà adopté certaines stratégies ou introduit certaines innovations, parmi lesquelles :

- Sur les périmètres irrigués : l'augmentation des heures d'arrosage et des frais d'exploitation engagés ; le semis précoce du riz de contre-saison chaude ; l'usage des repousses ; l'utilisation de variétés de riz mieux adaptées à la chaleur et de cycle plus court comme Sahel 108 ; la souscription des irrigants à des systèmes d'assurance agricole auprès de la Compagnie Nationale d'Assurance Agricole du Sénégal (CNAAS) ;
- En maraîchage : des arrosages plus fréquents, prolongés et/ou nocturnes ; des changements dans les calendriers culturels, en particulier les dates de mise en pépinière ; certaines innovations telles que l'irrigation au goutte-à-goutte, le système dit californien, l'installation de brise-vents, l'utilisation de bâches pour couvrir les pépinières et la culture sous serre ou en

alvéoles (dans le Gandiolais notamment) ; en maraichage de décrue (*falo*), l'irrigation de complément grâce à l'installation de petits GMP en collectif ;

- Pour les cultures pluviales : l'abandon partiel ou total des cultures à cycle long de mil et sorgho au profit du niébé et des pastèques ; des actions de conservation des eaux et des sols (CES) et de défense et restauration des sols (DRS), appuyées par des projets et acteurs externes ;
- Pour les cultures de décrue : la baisse des surfaces cultivées, sauf en années de crues normales ; l'installation d'ouvrages de contrôle de la décrue (par exemple sur le Diamel) ;
- Pour l'élevage : une évolution de la mobilité des troupeaux (réseaux denses de mobilités très courtes dans le Delta, par exemple) ; la reconversion des éleveurs vers l'agriculture irriguée ; des changements dans la taille et la structure des troupeaux (plus petits mais avec une part plus importante de petits ruminants) ;
- Pour la pêche : essentiellement la pluriactivité, ainsi que des stratégies plutôt négatives telles que l'utilisation de filets mono-filaments ou tournants.

De manière transversale, l'une des stratégies d'adaptation les plus fréquentes est la diversification des activités, avec la pratique combinée de l'agriculture pluviale, irriguée, de décrue et/ou de l'élevage, mais également d'activités extra-agricoles telles que le petit commerce. Dans les zones de *diéri*, l'aménagement des mares permet de mieux faire face à l'irrégularité des pluies, tant pour développer le maraichage que pour l'abreuvement du bétail. La migration saisonnière ou l'émigration sont des méthodes adaptatives courantes qui se sont accélérées, y compris dans des zones de la VFS traditionnellement plus stables.

Par ailleurs, l'étude a permis de mettre en évidence différentes initiatives, individuelles ou collectives, qui vont dans le sens d'une meilleure adaptation aux effets du CC, mais restent localisées. Il s'agit, entre autres, de la promotion de la gestion participative de l'irrigation dans les casiers rizicoles (zone de Bakel), de la vulgarisation du système de riziculture intensive (SRI), du développement de systèmes d'irrigation plus efficaces (tels que le système de type californien) et/ou plus économes (pompage solaire), de systèmes de production intégrés reposant sur des pratiques agroécologiques, d'actions de reboisement par des mises en défens et la création de parcelles de régénération naturelle assistée (RNA). Enfin, l'attribution de terres aux groupements féminins pour la pratique du maraichage et de l'arboriculture contribue à réduire les vulnérabilités liées à l'accès inégal au foncier.

Option d'adaptation retenues

Les options d'adaptation prioritaires qui ont été identifiées peuvent être groupées sous trois axes :

1. *Axe 1 : Innovation & production agricole durable*, qui inclut :
 - a. Le renforcement des actions de gestion durable des eaux, des sols et des cultures : réalisation d'ouvrages de régulation de types seuils, micro-barrages ou dispositifs de prise d'eau ; recalibrage des drains ; prolongement du canal du Gandiolais ; diffusion des pratiques agroécologiques et de DRS-CES ; lutte contre la salinisation des sols par amendements en matière organique et utilisation de phospho-gypse ; réintroduction des rotations culturales et gestion intégrée des nuisibles
 - b. L'amélioration et la préservation de la diversité génétique des céréales et légumineuses sèches, du sorgho de décrue et la diffusion des variétés les mieux adaptées aux conditions climatiques actuelles et à venir, ce qui implique le renforcement des programmes de

recherche-développement sur l'adaptation à la sécheresse, à la chaleur, au froid, à la salinité et aux facteurs biotiques

- c. Le renforcement des actions de gestion durable des troupeaux et des parcours : promotion des cultures fourragères pluviales et irriguées et des pratiques de constitution de réserves, conservation et valorisation des pâturages ; sélection de races animales adaptées aux conditions climatiques ; extension à la VFS de plans de gestion des unités pastorales (UP) fonctionnels et durables ; aménagement de points d'eau pastoraux et de couloirs de passage pour l'accès à l'eau dans les espaces irrigués
2. *Axe 2 : Gestion & prévention des risques liés aux évènements hydrométéorologiques extrêmes*, qui inclut :
- a. Le développement des prévisions climatiques et météorologiques, ainsi que la formation des services de vulgarisation, d'appui-conseil et des communicateurs des radios communautaires afin de proposer aux producteurs des réponses adaptées aux prévisions
 - b. Le renforcement et l'extension des systèmes d'assurance agricole indexée sur le rendement du riz à l'ensemble de la VFS, ainsi que l'expérimentation et l'évaluation d'un système d'assurance risque « vagues de chaleur » sur les cultures maraichères
 - c. Le renforcement et la diffusion des mécanismes d'alerte et de réponses aux catastrophes liées au climat par le suivi de l'évolution de la crue et la prédiction, ainsi que le renforcement des capacités de la SAED à utiliser les prévisions saisonnières et à anticiper les risques pour les AHA ;
 - d. L'amélioration des systèmes d'alerte précoce pour une meilleure préparation des réponses aux crises pastorales, ainsi que la mise en place d'opérations d'urgence de sauvegarde du bétail (OSB), le développement de produits d'assurance bétail adaptés à l'élevage extensif, et l'inclusion des éleveurs dans les programmes de protection sociale
3. *Axe 3 : Aménagements & infrastructures*, qui inclut :
- a. Le développement de techniques d'irrigation plus efficaces, associé à des programmes d'ingénierie sociale, d'approfondissement des connaissances, de suivi et de diffusion des innovations
 - b. La réalisation de nouveaux AHA, essentiellement dans les zones de *diéri* et du pré-Ferlo, ainsi que l'aménagement de mares et autres points d'eau pour l'agriculture, l'élevage et la pisciculture intégré aux Plans d'Occupation et d'Affectation des Sols (POAS)
 - c. Le développement d'outils et mécanismes liés à l'entretien des infrastructures d'irrigation, l'amélioration des pratiques de gestion de l'eau par les associations professionnelles d'irrigants et la diffusion des innovations (en lien avec la politique de maintenance élaborée par la SAED et le transfert aux usagers)
 - d. L'amélioration de la connaissance des ressources en eau, la réhabilitation et le renforcement des équipements de mesures hydrométriques de la DGPRE et la gestion concertée de l'eau des barrages de Manantali et Diama
 - e. Le renforcement des infrastructures de transport, de stockage, de conservation et de transformation plus particulièrement dans les zones enclavées et le soutien des prestataires de service privés, en particulier les femmes et les jeunes et la qualité de service.

En outre, des actions liées à la diversification des moyens d'existence, à la restauration écologique des milieux naturels de la VFS, et des dispositifs de prévention des conflits sont également proposés.

En lien avec les options proposées, des recommandations spécifiques ont été formulées à l'endroit de la SAED, dont : la redynamisation des instances d'échanges avec les partenaires de la recherche agronomique afin de diffuser les expériences les plus prometteuses et le matériel issu de la sélection ; la prise en compte de la durabilité technique lors de la conception ou la réhabilitation des aménagements ; l'orientation de la planification de la SAED vers les zones de gestion des communes rurales les plus vulnérables, y compris celles les plus éloignées du fleuve ; l'évaluation des gammes d'assurance agricole déjà existantes dans la VFS ; l'utilisation de l'existant pour améliorer les instruments de prévisions météorologiques et climatiques.

1 Introduction

1.1 Contexte, objectifs et cadre théorique de l'étude

1.1.1 Contexte de l'étude

Le Sénégal figure parmi les pays du monde les plus vulnérables aux effets du changement climatique (CC) en raison de sa situation en zone sahélienne et côtière, dans un contexte complexe de développement socio-économique et environnemental (McSweeney et al., 2010)². En 2018, l'Indice global d'adaptation au changement climatique développé par Notre Dame Global Adaptation Initiative (ND-GAIN) a classé le Sénégal comme faisant partie des pays les plus vulnérables (rang de 143^{ème} sur 181) et l'un des moins préparés pour face au CC (120^{ème} sur 192 pays).³ Les sécheresses récurrentes depuis des décennies, l'augmentation de la température, l'élévation du niveau de la mer et la recrudescence des événements météorologiques extrêmes (inondations, vagues de chaleur, etc.) figurent parmi les principales manifestations du CC au Sénégal, et fragilisent les secteurs principaux de l'économie nationale. La Vallée du fleuve Sénégal (VFS), bien qu'elle soit un milieu artificialisé depuis l'avènement des grands barrages (Diama et Manantali) et le développement de l'agriculture irriguée, subit les effets de ces tendances climatiques.

Conscient des défis posés par les CC, le gouvernement du Sénégal a ratifié l'Accord de Paris le 21 septembre 2016. A travers sa contribution prévue déterminée au niveau national (CPDN) depuis 2015, puis sa contribution déterminée au niveau national (CDN) approuvée par le Président de la République de l'Etat du Sénégal le 9 décembre 2020, le Sénégal entend contribuer à l'effort mondial de réduction des émissions de gaz à effet de serre et mettre en œuvre des programmes d'adaptation cohérents pour les secteurs les plus vulnérables, notamment l'agriculture, l'élevage, la pêche, les ressources en eau et les zones côtières. A travers la Facilité Adapt'Action, l'Agence Française de Développement (AFD) appuie le Sénégal dans la définition, l'adoption et la mise en œuvre de trajectoires de développement résilientes vis-à-vis du climat.

L'AFD accompagne par ailleurs depuis plus de trente ans la Société Nationale d'Aménagement et d'Exploitation des Terres du Delta du Fleuve Sénégal et des Vallées du Fleuve Sénégal et de la Falémé (SAED) dans ses missions d'aménagement de la VFS et de soutien à l'agriculture irriguée. Le présent appui a vocation à (i) valoriser les potentialités de la VFS, en lien avec la mise en œuvre de la phase II du Plan Sénégal Emergent (PSE), le Programme de Relance et d'Accélération de la Cadence de l'Agriculture Sénégalaise (PRACAS) et le Plan National d'Autosuffisance en Riz (PNAR), et (ii) faciliter l'opérationnalisation de la CDN.

Afin de renforcer la résilience des acteurs et de favoriser le développement intégré de la VFS, la SAED ainsi que le Ministère de l'Agriculture et de l'Équipement Rural (MAER) souhaitent, avec l'appui de la Direction de l'Environnement et des Établissements Classés (DEEC) du Ministère de l'Environnement et du Développement Durable (MEDD) et de l'AFD, consolider leurs analyses des vulnérabilités aux effets attendus du CC dans la vallée, et développer des actions permettant de contribuer à la réduction de ces vulnérabilités.

² McSweeney, C., New, M., & Lizcano, G. (2010). Senegal. UNDP climate change country profiles series.

³ Source : <https://gain.nd.edu/our-work/country-index/rankings>

1.1.2 Objectifs de l'étude

Commanditée par l'AFD au profit de la SAED et de ses partenaires (dont le MAER et la DEEC du MEDD), la prestation est réalisée dans le cadre de la Facilité Adapt'Action par un consortium composé d'Egis Eau, SalvaTerra, l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD) et Météodyn. L'objectif de cette prestation est de conduire une étude des vulnérabilités aux effets attendus du changement climatique dans les trois zones agroécologiques de la VFS (Delta, Moyenne et Haute Vallée), qui doit in fine aboutir à l'élaboration, avec la SAED et ses partenaires, d'une stratégie d'adaptation au CC, dotée d'un plan d'actions. Conformément aux termes de référence (cf. Annexe 1), l'étude a été conduite dans deux zones du Delta (le Lac de Guiers et le Gandiolais), deux zones de la Moyenne Vallée (les délégations de Podor et Matam) et une zone de la Haute Vallée (Bakel).

Démarrée en janvier 2020, l'étude a été provisoirement suspendue entre mars et septembre 2020 du fait de la crise sanitaire mondiale liée à la Covid-19. Le présent rapport d'étude fait suite à deux missions de terrain qui ont eu lieu en septembre-octobre et novembre 2020. Il est le résultat d'un processus participatif et inclusif ayant rassemblé les différentes catégories de producteurs et productrices de la VFS (irrigants en riz ou cultures maraichères, producteurs de cultures pluviales ou de décrue, pêcheurs, éleveurs, groupements féminins, etc.), la SAED et les autres acteurs locaux et régionaux du secteur agropastoral. Afin d'impliquer les acteurs nationaux engagés dans la lutte contre les changements climatiques, un atelier de restitution a été organisé en novembre 2020 à Dakar. Les principales limites et leçons tirées de cette étude sont fournies en Annexe 2.

Ce rapport vise principalement à présenter : (i) l'analyse des vulnérabilités aux effets du CC selon les scénarios climatiques les plus probables et les perceptions des populations concernées et des autres acteurs de la VFS ; (ii) les options d'adaptation identifiées avec ces populations et les différentes parties prenantes. Cette étude est ainsi conçue afin d'alimenter la formulation de la stratégie et du plan d'actions pour l'intégration d'un volet « adaptation au CC » dans les prochaines lettres de mission de la SAED.

1.1.3 Cadre théorique mobilisant les concepts de vulnérabilité et d'adaptation

Le GIEC (2007)⁴ définit la vulnérabilité comme étant la mesure dans laquelle un système⁵ est sensible ou incapable de faire face aux effets défavorables des CC, y compris la variabilité du climat et les phénomènes extrêmes. La vulnérabilité est fonction de la nature, de l'ampleur et du rythme de la variation du climat à laquelle le système considéré est exposé, de la sensibilité de ce système et de sa capacité d'adaptation. Ces trois dimensions principales de la vulnérabilité aux effets du CC que sont l'exposition, la sensibilité et la capacité d'adaptation (cf. Figure 1) ont été définies comme suit par McCarthy et al. (2001)⁶ :

- L'exposition désigne la nature et le degré des variations ou des aléas climatiques auxquels un système est exposé.

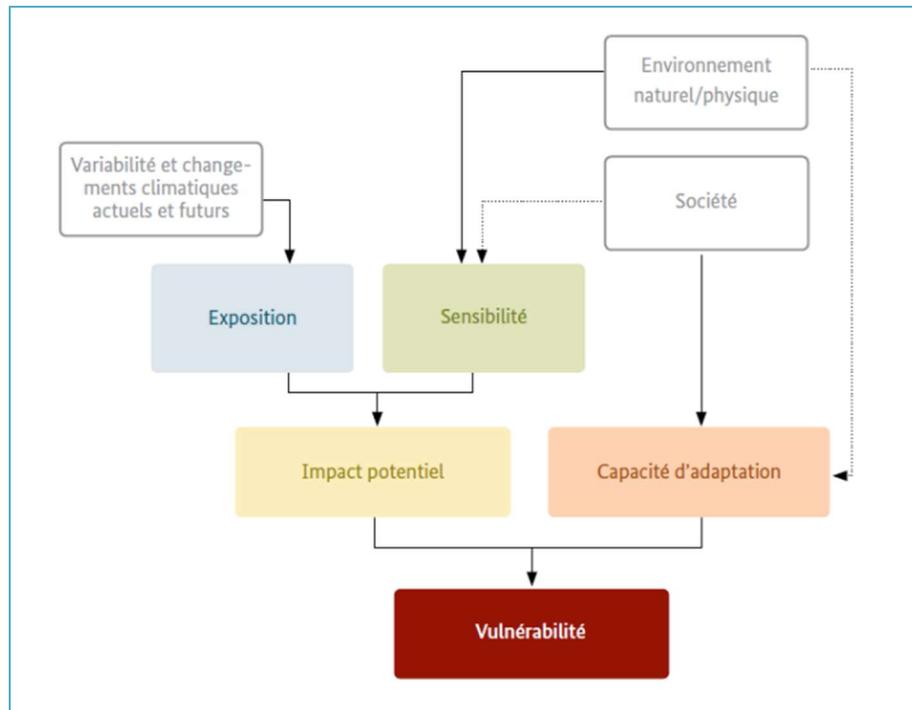
⁴ IPCC (2007). Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 976 pp.

⁵ Le système peut désigner un ensemble de personnes, de groupes de personnes, de moyens de subsistance, de services écosystémiques, d'infrastructures et d'équipements d'appui à la production ou de biens socioéconomiques.

⁶ McCarthy, J.J., Canziani, O.F., Leary, N.A., Dokken, D.J. and White, K.S. (Eds.). 2001. Climate change: Impacts, adaptation and vulnerability. Cambridge University Press, 1005 pages.

- La sensibilité est le degré selon lequel un système est affecté ou modifié, de manière négative ou bénéfique, directe ou indirecte, par des stimuli liés au climat.⁷
- La capacité d'adaptation d'un système au CC, y compris la variabilité et les phénomènes climatiques extrêmes, désigne la capacité de ce système à modérer les dommages potentiels, à tirer parti des possibilités offertes ou à faire face aux conséquences.

Figure 1. La vulnérabilité au changement climatique et ses composantes.



Source : GIZ, 2015⁸

Williamson et al. (2010)⁹ ont mentionné plusieurs travaux qui identifient des déterminants de la capacité d'adaptation dont ceux de Beckley et al. (2002), qui la définissent comme la capacité des communautés de combiner les différentes formes de capital dont elles disposent, à savoir le capital naturel, le capital humain, le capital économique et le capital social.

Les activités agricoles sont sujettes à des risques et incertitudes de diverses natures, à la fois abiotiques (environnement, climat), biotiques (ravageurs, maladies), sociodémographiques, économiques, technologiques, organisationnels, institutionnels et politiques. Compte tenu du contexte de la VFS, milieu fortement artificialisé par les aménagements hydroagricoles, mais également de la forte dépendance des systèmes de production traditionnels à la crue, il est nécessaire de traiter à la fois les vulnérabilités climatiques et les autres facteurs de vulnérabilité qui contribuent à amplifier les impacts des aléas climatiques. Les facteurs de vulnérabilité liés aux stress climatiques incluent des changements dans les conditions climatiques au niveau de la pluviométrie, de la température, des vents, du niveau de la mer, etc. Les changements concernent également les phénomènes météorologiques extrêmes (crues, inondations, sécheresses, vagues de chaleur, etc.), qui risquent

⁷ Par exemple, les variations du climat ou des ressources en eau peuvent directement affecter les surfaces irriguées ou de décrue, ainsi que les rendements agricoles ; les stimuli climatiques peuvent indirectement causer des dommages aux cultures via une augmentation de la présence des ravageurs.

⁸ GIZ (2015). Guide de référence sur la vulnérabilité. Concept et lignes directrices pour la conduite d'analyses de vulnérabilité standardisées.

⁹ Williamson, Tim & Hessel, Hayley & Johnston, Mark (2012). Adaptive capacity deficits and adaptive capacity of economic systems in climate change vulnerability assessment. Forest Policy and Economics, Elsevier, vol. 15(C), pages 160-166.

d'être de plus en plus fréquents et intenses et donc de causer des impacts biophysiques et socioéconomiques dommageables aux systèmes de production.

Les facteurs de stress non climatiques sont des défis de développement qui peuvent accroître la vulnérabilité car ils nuisent au bon fonctionnement des systèmes de production et à la réalisation des objectifs de développement résilient face au climat (Miller *et al.*, 2014)¹⁰. Les stress non climatiques à prendre en considération pour le cas de la VFS (Ba, 2018)¹¹ sont de type :

- Environnemental : exploitation non durable des ressources naturelles, déforestation, pollution des eaux et des sols, plantes envahissantes ;
- Sociodémographique : âge, déplacement de la population, manque de main-d'œuvre familiale ou extérieure, accès au foncier ;
- Économique et financier : hausse des prix, prix non incitatifs, manque de capital, de capacités d'épargne et d'accès au crédit agricole, endettement ou difficultés de remboursement du crédit de campagne ;
- Physique, en lien notamment avec les aménagements : canaux dégradés / vieillissants / mal dimensionnés, faible maintenance des équipements et infrastructures d'appui à la production, bâtiments de stockage de mauvaise qualité ;
- Technique, technologique et organisationnel : manque de connaissances techniques sur les pratiques agricoles à adopter pour s'adapter aux CC, conseil et vulgarisation agricoles inopérants, manque d'accès à de nouvelles variétés de riz améliorées et adaptées aux CC, problèmes liés à l'accès aux intrants (semences, engrais, produits agrochimiques), manque d'accès à la mécanisation pour la préparation du sol, la récolte, le battage ; pannes fréquentes de groupes motopompes, faible professionnalisation des organisations de producteurs ;
- Politique : mauvaise gouvernance, corruption, barrières légales ou réglementaires.

Favoriser l'adaptation au CC des communautés et des filières porteuses de la VFS consiste donc à réduire leur exposition, leur sensibilité et à renforcer leurs capacités d'adaptation aux risques climatiques et non climatiques actuels et futurs. Une attention particulière doit être donnée aux risques de « maladaptation ». Selon le GIEC (2007), la maladaptation désigne un changement dans les systèmes naturels ou humains qui conduit de manière non intentionnée à augmenter la vulnérabilité au lieu de la réduire et/ou à altérer les capacités et opportunités actuelles et futures d'adaptation.

Lors de cette étude, les données relatives aux indicateurs des trois composantes de la vulnérabilité et à l'adaptation ont été collectées via la revue documentaire, les enquêtes de terrain menées auprès des producteurs et des parties prenantes et enfin les ateliers de réflexion et de co-élaboration des options d'adaptation face au changement climatique (cf. section 1.3).

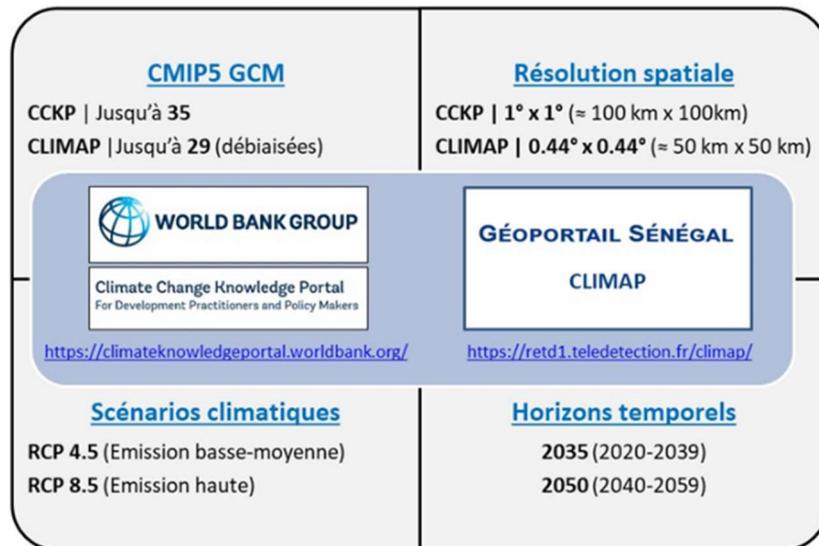
¹⁰ David Miller, Michael Wasson, Sylvia Trazska, Sara-Katherine Coxon, Ayesha Dinshaw, Heather McGray, Sandra Baptista, Alfonso del Rio, Leif Brottem, Tim Finan, Mamadou Baro and Henri Mathieu Lo (2014). Senegal climate change vulnerability assessment and options analysis. African and Latin American Resilience to Climate Change (ARCC). Prepared for: United States Agency for International Development, Global Climate Change Office, Climate Change Resilient Development project, Washington, DC, 957 pages.

¹¹ Ba B. (2018). Avancées notées avec les initiatives « Coalition for African Rice Development » au Sénégal : cas Vallée du Fleuve Sénégal. Promotion of African Development for SubSaharan African Countries. 62 pages.

1.2 Méthodologie pour la construction des projections climatiques

Dans cette étude, les données de projections climatiques ont été obtenues via deux portails en ligne sur le CC : celui du Groupe de la Banque mondiale (*Climate Change Knowledge Portal* ou CCKP¹²) et le Géoportail Sénégal CLIMAP¹³, dont l'élaboration a été appuyée par l'Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie (ANACIM), le Centre de suivi écologique (CSE), l'AFD, l'IRD, le Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS), le ministère français de la transition écologique et AMMA-2050. Ils permettent, à l'aide d'un ensemble de modèles climatiques globaux issus du Projet d'intercomparaison des modèles couplés CMIP5 (*Coupled model intercomparison project* en anglais) d'obtenir une distribution plausible des résultats projetés et des changements attendus (Taylor et al., 2012¹⁴). La Figure 2 présente les différentes configurations retenues pour cette étude, à savoir les choix de deux scénarios d'émission de gaz à effet de serre : RCP 4.5 (« optimiste ») et RCP 8.5 (le plus « pessimiste », à savoir 1 313 ppm de CO₂ en 2100, générant donc les « pires des scénarios »), et de deux horizons temporels 2035 et 2050, la résolution spatiale des modèles allant de l'ordre de 50 km x 50 km à 100 km x 100 km.

Figure 2. Configurations retenues pour l'exploitation des données de projections climatiques.



Sur la base des ressources disponibles, les calculs ont été effectués à partir de la production mensuelle de 35 modèles climatiques globaux en fonction des indicateurs climatiques à étudier et de la source des données. La liste des indicateurs climatiques retenus pour cette étude d'impacts est indiquée dans la Figure 3. Pour présenter les conditions climatiques actuelles, le CCKP utilise les ensembles de données d'observation disponibles dans le monde entier provenant de la *Climate Research Unit* (CRU) de l'Université d'East Anglia (Harris et al., 2014¹⁵ ; Mitchell et al., 2005¹⁶). Ces ensembles de données sont largement acceptés pour la recherche sur le climat. La période de référence 1986-2005 est

¹² <https://climateknowledgeportal.worldbank.org>

¹³ <https://retd1.teledetection.fr/climap>

¹⁴ Taylor K. E., R. J. Stouffer & G. A. Meehl (2012). An Overview of CMIP5 and the Experiment Design. *B Am Meteorol Soc*, 93, 485-498.

¹⁵ Harris, I., Jones, P.D., Osborn, T.J. & Lister, D.H. (2014). Updated high-resolution grids of monthly climatic observations - the CRU TS3.10 Dataset. *International Journal of Climatology* 34, 623-642.

¹⁶ Mitchell, T.D. & Jones, P.D. (2005). An improved method of constructing a database of monthly climate observations and associated high-resolution grids. *International Journal of Climatology* 25, 693-712.

calibrée avec des observations locales à travers des séries chronologiques historiques de températures et de précipitations, afin de simuler plus précisément une réalité locale.

Figure 3. Indicateurs climatiques simulés dans cette étude.

Indicateur climatique	Unité	Description
Température mensuelle	°C	Variation de la température mensuelle
Température maximale mensuelle	°C	Variation de la température maximale mensuelle
Température minimale mensuelle	°C	Variation de la température minimale mensuelle
Nombre de jours avec des températures nocturnes minimales supérieures à 20°C	Jours	Nombre moyen de jours par mois ou année où la température minimale quotidienne est restée supérieure à 20°C
Nombre de jours très chaud où Tmax > 40°C	Jours	Nombre moyen de jours par mois ou année où la température maximale a dépassé 40°C.
Indice de sécheresse	SPEI	Variations de la moyenne du bilan hydrique cumulé sur 12 mois, en tenant compte de l'évapotranspiration
Précipitation mensuelle	mm	Variation de la précipitation mensuelle
Précipitations maximales cumulées sur 1 jour dans un mois	mm	Moyenne mensuelle ou annuelle de la plus grande quantité de précipitations journalières
Précipitations maximales cumulées sur 5 jours dans un mois	mm	Moyenne mensuelle ou annuelle de la plus grande quantité de précipitations consécutives sur 5 jours

Pour décrire la variabilité inter-scénarios et inter-modèles, mettre en évidence leurs incertitudes et s'accorder à dire d'experts sur une fourchette probable de projections, les données projetées de chacun des portails en ligne sont présentées avec une enveloppe d'incertitude :

- CCKP : un intervalle des 10^{ème} et 90^{ème} percentiles encadre la valeur médiane de l'ensemble des modèles climatiques pour chacun des scénarios climatiques. Dans ce cas, trois scénarios d'impacts climatiques (médian, pessimiste et optimiste) peuvent alors être élaborés sur la base de cette dispersion des modèles climatiques.
- CLIMAP : pour chaque scénario climatique, l'écart-type encadre la moyenne d'ensemble des modèles climatiques.

1.3 Méthodologie pour le diagnostic des vulnérabilités et la définition des options d'adaptation

Le diagnostic des vulnérabilités et la définition des options d'adaptation reposent sur les méthodes suivantes : (i) une analyse documentaire combinée à la collecte de données hydro-climatiques ; (ii) une première série de réunions techniques portant sur les CC observés et futurs ; (iii) une mission de terrain de collecte de données sur la perception des vulnérabilités et les options d'adaptation, accompagnée de visites d'actions et d'initiatives concrètes d'adaptation au CC ; (iv) des ateliers de co-élaboration des options d'adaptation au niveau de chaque zone d'étude ; (v) un atelier de restitution à l'échelle nationale.

Revue documentaire et collecte de données hydro-climatiques

La revue documentaire (cf. Annexe 3) comprend principalement trois parties :

- La revue des documents de politiques tels que suggérés dans les termes de référence de la prestation, notamment le PSE (République du Sénégal, 2014)¹⁷, son Plan d'actions prioritaires 2019-2023 (PAP2), la Loi d'orientation agro-sylvo-pastorale (LOASP), la CPDN du Sénégal, la Charte du domaine irrigué de la VFS, le Code général des collectivités locales ;
- La revue scientifique des tendances passées, actuelles et futures du climat et des ressources en eau dans la VFS ;
- La revue des articles scientifiques et de divers rapports portant non seulement sur le contexte général de la VFS mais aussi sur (i) l'évolution et les performances des différents systèmes de production, (ii) les facteurs de vulnérabilités hydro-climatiques, (iii) les autres facteurs de vulnérabilité (socio-démographiques, financiers, technologiques, organisationnels, etc.) qui amplifient la vulnérabilité globale de ces systèmes, (iv) les solutions d'adaptation déjà adoptées et enfin (v) les mesures d'adaptation à envisager dans le futur au regard des projections climatiques dans la VFS.

Les données hydro-climatiques (précipitations, températures minimales et maximales, débits, modules et volumes d'eau écoulés, lâchers d'eau au niveau des barrages de la VFS, etc.) ont été collectées auprès de l'Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie (ANACIM), de la Direction de la Gestion et de la Planification des Ressources en Eau (DGPRE) et de l'Organisation pour la Mise en Valeur du Fleuve Sénégal (OMVS).

Réunions techniques de co-construction des scénarios d'impacts climatiques

Trois ateliers ont été conduits entre le 28 septembre et le 02 octobre 2020 à Saint-Louis, Bakel et Matam, regroupant une quarantaine de participants représentant les délégations de la SAED, les services décentralisés des ministères en charge de l'environnement, de l'agriculture, de l'élevage, de la pêche et de l'hydraulique, les associations et organisations professionnelles de producteurs (riz, tomate, oignon, cultures de décrue, etc.), les associations féminines, les programmes et projets de développement rural conduits dans chacune des trois zones. Ces ateliers avaient comme principal objectif de présenter et discuter avec les parties prenantes les propositions de scénarios climatiques afin d'en affiner la construction et de recueillir les besoins et attentes des acteurs. Ils ont en outre permis de collecter auprès des participants une première série d'informations sur les facteurs de vulnérabilité climatiques et non climatiques des grands types de systèmes de production ainsi que sur les options d'adaptation déjà entreprises ou à entreprendre.

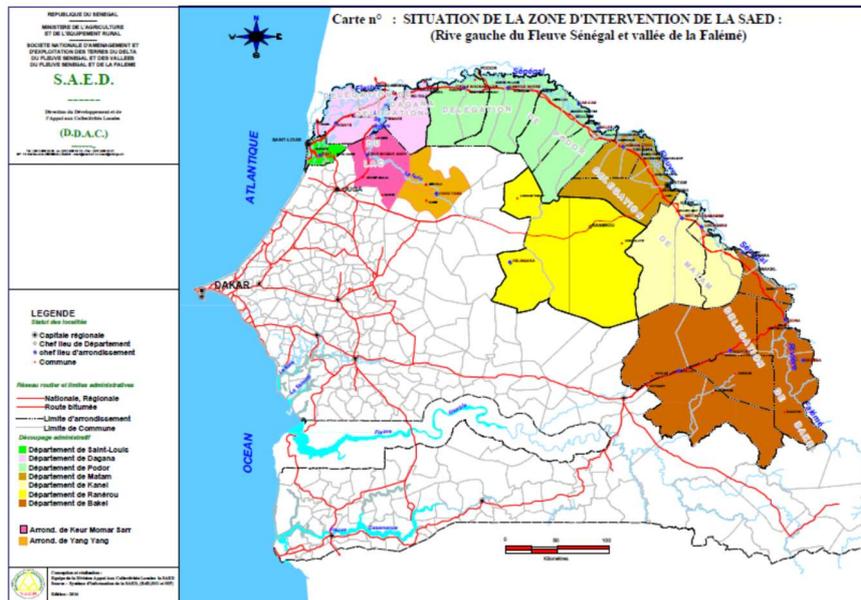
Collecte de données sur la perception des vulnérabilités et les options d'adaptation

La mission de collecte des données à l'échelle des communautés locales et des autres acteurs locaux du secteur agro-pastoral s'est déroulée du 09 au 20 novembre 2020 dans deux zones du Delta (le Lac de Guiers et le Gandiolais), deux zones de la Moyenne Vallée (les délégations de Podor et Matam) et une zone pour la Haute Vallée (Bakel). Suite à une première série de rencontres avec la SAED et d'autres acteurs clés de la VFS à Saint-Louis, une mission de terrain de test et d'harmonisation des outils de collecte des données a été organisée dans la zone du Lac de Guiers avec l'ensemble des experts mobilisés. Par la suite, les experts se sont répartis en deux équipes de trois : l'une couvrant le Gandiolais et Podor, l'autre couvrant Matam et Bakel.

¹⁷ République du Sénégal. 2014. Le Plan Sénégal Emergent. Février, 184 pages.

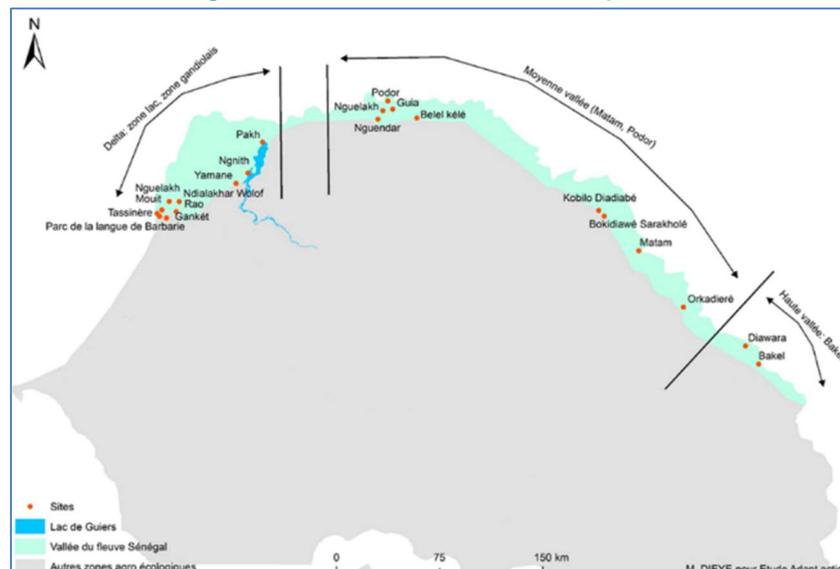
Au sein de chaque zone, le choix des sites d'étude a tenu compte du maillage de la SAED (Figure 4), dont les délégations comprennent des secteurs et des zones (qui épousent pour la plupart les limites des communes).

Figure 4. Location des zones d'intervention de la SAED.



Dans chacune des 5 zones d'étude, quatre à cinq sites/villages (Figure 5) ont été choisis avec la SAED et les principales parties prenantes pour réaliser la collecte de données auprès des producteurs, productrices et autres usagers des ressources de la VFS, sous la forme d'entretiens de type « focus group » (FG).

Figure 5. Localisation des sites d'enquête.



Au total, 40 FG ont été réalisés dans les cinq zones, couvrant les différents systèmes de production de la VFS ; 538 personnes, dont 242 femmes (45%), ont été consultées dans le cadre de ces FG (cf. Figure 6). Sur Bakel, Matam et Podor, ces entretiens ont ciblé des groupes de producteurs et productrices le long d'un transect suivant les unités de paysage qui vont du *dieri* (zone exondée) au fleuve en passant par le *walo* (plaines d'inondations), le *fonde* (bourrelets de berges) et les berges du

fleuve (*falo*). En ce qui concerne le Lac de Guiers, zone de « test » de la méthodologie de collecte de données, l'équipe s'est concentrée sur 4 sites situés à l'Ouest du lac. Dans le Gandiolais, le transect a été tracé en direction de la mer afin de mieux prendre en compte la problématique de la salinisation des terres et des eaux.

Les données et informations collectées lors des FG ont porté sur les points suivants (cf. en Annexe 4 un exemple de grille de collecte de données portant sur la riziculture irriguée) :

- Aperçu des moyens d'existence dans la zone (systèmes de production agricole, autres activités économiques, accès aux ressources et facteurs de production, revenus et sécurité alimentaire),
- Caractérisation succincte du système de production d'intérêt pour les participants au FG,
- Changements hydro-climatiques observés et leurs impacts sur le système de production considéré,
- Autres facteurs de vulnérabilité du système de production et leurs impacts,
- Stratégies d'adaptation et/ou de minimisation des risques déjà adoptées, innovations, changements apportés y compris les savoirs locaux,
- Stratégies envisagées face aux effets du CC et actions prioritaires à mettre en œuvre dans le futur pour le système de production d'intérêt.

Les principales catégories de producteurs et productrices enquêtées dans le cadre des FG furent les suivantes : (i) irrigants (riziculteurs et producteurs maraîchers) ; (ii) producteurs de cultures de décrue ; (iii) producteurs de cultures pluviales ; (iv) éleveurs ; (v) pêcheurs ; (vi) hommes et femmes impliqués dans d'autres moyens d'existence (activités de transformation et commercialisation de produits agricoles, de l'élevage ou de la pêche, notamment).

En parallèle des consultations à l'échelle communautaire, des entretiens semi-dirigés (ESD) ont été conduits auprès de 51 personnes (dont 12 femmes) représentant des acteurs économiques majeurs de la VFS, mais aussi des acteurs de la recherche agricole, des collectivités territoriales et des services étatiques décentralisés (agriculture, eau, élevage, institutions locales de développement, élus locaux, etc.), des ONG et des programmes de développement. La liste complète des personnes rencontrées est fournie en Annexe 5. Une grille d'entretien a été élaborée à cet effet, suivant les grandes catégories de questions suivantes : présentation de la structure et de ces principales activités ; les CC perçus/observés et leurs impacts sur le/les système(s) de production considéré(s) ; les autres facteurs de vulnérabilité du/des système(s) de production ; les stratégies déjà adoptées ou envisagées face aux effets du CC ; les actions prioritaires à mettre en œuvre ; les besoins de renforcement de capacités des acteurs, notamment en matière de gouvernance dans la lutte contre les effets du CC.

Figure 6. Répartition des zones et sites ayant abrité les focus group et entretiens semi-dirigés.

Zones	Sites	Nombre de FG	Nombre d'ESD**
Lac	Keur Momar Sarr*, Gankette, N'dimb Wolof, Ngnith, Pakh	8	10
Gandiolais	Ndiébène Gandiol*, Ndiallakhar, Rao Peuhl, Tassinère, Ricotte, Mouit, Nguelakh	9	8
Podor	Podor*, Bélel Kellé, Nguendar, Donaye Tarédji, Guia, Thioofy	7	7
Matam	Matam*, Bokidiawe, Hamady Ounaré, Orkadiéré, Kobilo	8	6
Bakel	Bakel*, Diawara, Khoughani, Ouboul	8	6
Total		40	37

* sites qui ont en outre abrité les cinq ateliers zonaux (cf. ci-dessous).

**10 ESD ont en outre été effectués à Saint-Louis, couvrant soit le Delta, soit l'ensemble de la VFS.

Visites d'actions et d'initiatives d'adaptation au CC

En parallèle des visites de parcelles et observations de terrain réalisées dans le cadre des FG, une douzaine de sorties ont été réalisées pour visiter des actions et initiatives, passées ou en cours, allant dans le sens d'une meilleure adaptation aux effets du CC. Elles sont l'œuvre de groupements de producteurs/productrices ou d'exploitants individuels, ayant ou non reçu un appui externe de la part de structures étatiques ou de projets. Elles concernent par exemple la production fourragère, des systèmes d'irrigation innovants, des activités de production intégrée ou encore des initiatives de conservation des eaux et des sols.

Elaboration d'options d'adaptation prioritaires via l'animation de cinq ateliers de zone

L'approche utilisée pour la définition des options d'adaptation au CC s'inspire des approches dites de trajectoires dynamiques pour les politiques d'adaptation (« *Dynamic Adaptive Policy Pathways* », Kwakkel et al., 2016)¹⁸ et des bonnes pratiques formulées par la Banque Mondiale pour la prise de décision dans des contextes de grande incertitude (« *Investment Decision Making Under Deep Uncertainty* », Banque Mondiale, 2012)¹⁹. Ces approches mettent l'accent sur la définition de stratégies d'adaptation dynamiques, flexibles et efficaces, qui offrent ainsi un moyen de gérer les vulnérabilités identifiées dans un contexte d'incertitudes.

Les différentes données sur la vulnérabilité des systèmes de production, mais également sur les stratégies et savoirs locaux d'adaptation et leurs limites potentielles face à des impacts accrus du CC, obtenues via la revue bibliographique, la consultation des parties prenantes et le recensement et la visite d'actions d'adaptation passées et actuelles, ont été croisées puis synthétisées en vue de la définition d'une première série d'options d'adaptation. Cinq ateliers zonaux regroupant en moyenne 20 à 25 participants ont été organisés au cours de la mission de collecte de données à Keur Momar Sarr (le 12 novembre 2020), Ndiébène Gandiol (6 novembre), Bakel (6 novembre), Matam (20 novembre) et Podor (21 novembre). L'équipe d'experts (répartie en deux groupes, comme mentionné précédemment) a joué le rôle de facilitateur et a animé ces cinq ateliers selon le déroulé suivant :

¹⁸ Kwakkel, J. H., Haasnoot, M., & Walker, W. E. (2016). Comparing Robust Decision-Making and Dynamic Adaptive Policy Pathways for model-based decision support under deep uncertainty. *Environmental Modelling & Software*, 86, 168-183.

¹⁹ Hallegatte, Ankur Shah, Robert Lempert, Casey Brown, Stuart Gill (2012). *Investment Decision Making Under Deep Uncertainty – Application to Climate Change*. Policy Research Working Paper 6193. The World Bank Sustainable Development Network Office of the Chief Economist.

- Présentation des objectifs de l'étude, des résultats attendus de l'atelier et de la méthode de collecte de données ;
- Présentation d'un rapide état des lieux du secteur agro-pastoral dans la zone concernée ;
- Présentation, sous forme de tableaux synthétiques, et pour chaque type de système de production en présence dans la zone concernée, des analyses de l'équipe sur (i) les vulnérabilités actuelles et futures face au CC telles que perçues par les communautés et les autres acteurs locaux ; (ii) les impacts observés ; (iii) les stratégies déjà adoptées et (iv) les mesures d'adaptation à entreprendre (constituant ainsi une liste préliminaire d'options d'adaptation à discuter) ;
- Présentation des principaux autres facteurs de vulnérabilité tels que perçus par les communautés et les autres acteurs locaux ;
- Animation, sous forme de travaux de groupe, d'une réflexion par système de production sur (i) le diagnostic des vulnérabilités climatiques et non climatiques présenté par l'équipe d'experts (avec possibilité pour les participants d'amender les tableaux d'analyse), (ii) les mesures d'adaptation à retenir, en faisant en sorte de bien identifier les savoirs locaux et les mesures d'adaptation déjà adoptées, (iii) la priorisation des options d'adaptation retenues à l'aide d'une analyse multicritère fondée sur les critères d'évaluation ci-après : la contribution à la résilience face au CC, la couverture géographique ou sociale²⁰, la faisabilité technique, l'acceptabilité sociale ou culturelle, le coût ;
- Restitution de travaux de groupe en plénière, suivie d'une réflexion collective sur les options présentées et priorisées dans chaque groupe, donnant lieu le cas échéant à des amendements sur les principales conclusions du diagnostic et les options d'adaptation à retenir ;
- Dans la mesure du possible et du temps restant, une première estimation des coûts de certaines options d'adaptation a été donnée par les participants.

Lors des présentations et des discussions, une attention particulière a été donnée aux risques de maladaptation pouvant affecter la résilience des populations et des écosystèmes²¹. Afin d'éviter de tels risques, l'équipe d'experts a mis l'accent, lors des présentations et des discussions avec les participants, sur des stratégies d'adaptation (i) « sans regret », c'est-à-dire porteuses de bénéfices, même en l'absence de CC, (ii) souples et flexibles (mesures conçues de manière à pouvoir être modifiées à l'avenir) et (iii) durables. Des options d'adaptation qui répondent à ces conditions ont en effet l'avantage de prendre en compte les incertitudes liées aux modèles climatiques et d'intégrer au fur et à mesure les avancées en matière de CC. Il semblerait selon Serkine (2015)²² que les approches « top-down », qui sont généralement des solutions mettant en œuvre la construction d'infrastructures (pour la réduction de la sensibilité ou bien de l'exposition), ont plus de chances d'être mal adaptées que les approches « bottom-up », visant l'augmentation de la capacité d'adaptation (à travers des mesures sans regret, voire des stratégies d'adaptation douces). Pour le cas d'un projet d'irrigation, la possible raréfaction de l'offre ou, du moins, la modification de sa disponibilité ainsi que la possibilité de recrudescence de maladies hydriques ou de pollution des eaux via l'utilisation des produits

²⁰ Ce critère a été explicité auprès des participants de la manière suivante : est-ce que l'option touche tous les types de producteurs ? S'adresse-t-elle bien aux groupes les plus vulnérables ?

²¹ Magnan A. (2013). Éviter la maladaptation au changement climatique, IDDRI Policy Brief.

²² Serkine P. (2015). Le risque de maladaptation au changement climatique : un enjeu pour la rentabilité des investissements ? Association d'économie financière. Revue d'économie financière, 1 n° 117, p 75-90.

agrochimiques, pourraient être considérées comme tendant vers la maladaptation. Les situations de risque de maladaptation sont largement discutées par Magnan et al. (2016)²³ et Eriksen et al. (2020)²⁴.

Restitution des premières analyses et discussion des options retenues lors d'un atelier national

Une réunion de restitution « à chaud » des premiers résultats de l'étude s'est tenue à Dakar le 25 novembre 2020, avec la participation d'une quarantaine de personnes, pour l'essentiel des acteurs étatiques et non étatiques impliqués dans la lutte contre les CC au Sénégal. Elle avait comme objectif de présenter et discuter avec les parties prenantes les premières conclusions issues, d'une part, du diagnostic participatif des vulnérabilités des systèmes de production de la VFS et, d'autre part, de la co-élaboration des options d'adaptation avec les parties prenantes locales.

La réunion a abouti à la formulation de plusieurs recommandations à l'endroit de l'équipe chargée de la conduite de l'étude, dont (i) la mise en cohérence des options d'adaptation proposées avec les politiques et stratégies nationales ; (ii) la recherche de complémentarités avec les projets en cours dans la VFS, dont le Projet de développement économique local et transition agro-écologique dans le delta du fleuve Sénégal (DELTA), en cours de formulation ; (iii) l'adéquation des actions proposées aux CC observés mais aussi à venir.

Prise en compte de la dimension genre

L'étude a tenu compte du fait que les effets du CC affectent différemment les femmes et les hommes, et que les femmes sont bien souvent plus durement affectées par les CC, notamment en raison d'un accès plus difficile aux facteurs de production (foncier, intrants agricoles, équipements, main d'œuvre, eau, etc.). Les effets du CC identifiés lors des consultations des communautés et autres acteurs locaux, tout comme les réponses apportées, ont ainsi été évalués de façon sexo-spécifique. Cela inclut notamment l'identification par l'équipe d'experts des savoirs locaux développés par les femmes en matière d'adaptation. Pour cela, 12 FG distincts ont été spécifiquement organisés avec des groupes de femmes afin de mieux comprendre leurs perceptions des vulnérabilités aux effets du CC, leurs stratégies d'adaptation et leurs besoins spécifiques.

2 Synthèse bibliographique : la VFS dans le contexte du changement climatique

2.1 Les grandes caractéristiques du paysage et du climat de la VFS

Dans sa partie sénégalaise, la VFS s'étire sur près de 650 km et englobe les régions administratives de Saint-Louis, Matam et Tambacounda. Elle s'étend de Bakel à l'embouchure et couvre une superficie de 12 000 km², dont environ 8 000 km² pour la vallée en tant que telle et 4 000 km² pour son delta. Il s'agit d'un ensemble géomorphologique complexe formé au cours du Quaternaire (Michel, 1973)²⁵. Le faciès

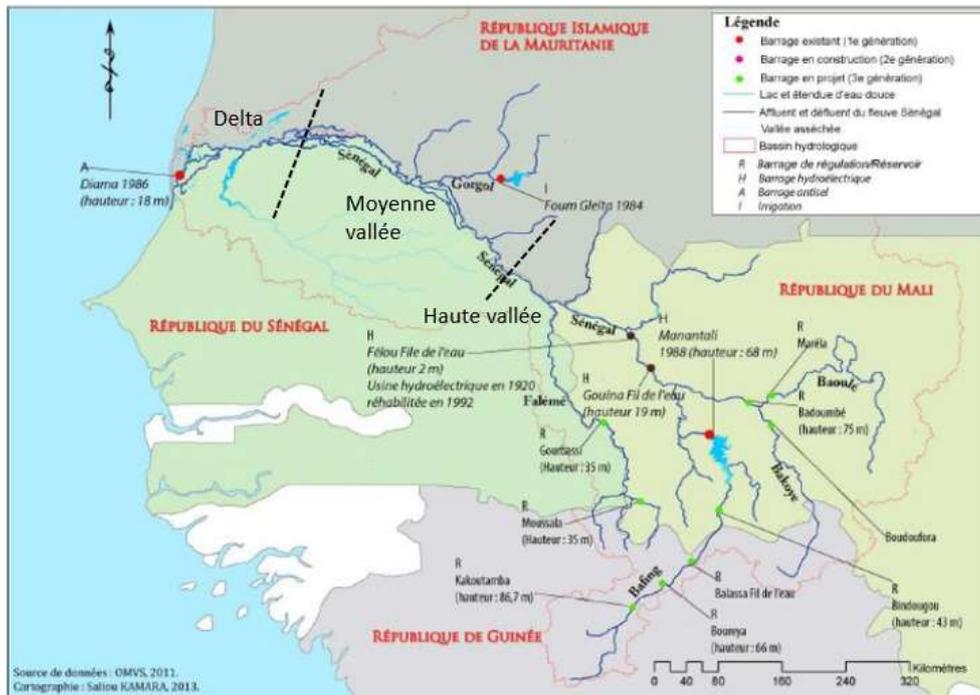
²³ Magnan, A. K., Schipper, E. L. F., Burkett, M., Bharwani, S., Burton, I., Eriksen, S., & Ziervogel, G. (2016). Addressing the risk of maladaptation to climate change. *WIREs Climate Change*, 7(5), 646–665.

²⁴ Eriksen, S., E. Lisa, F. Schipper, M. Scoville-Simonds et al. (2020). Adaptation interventions and their effect on vulnerability in developing countries: Help, hindrance or irrelevance? *World Development* Volume 141, May 2021, 10538.

²⁵ Michel P. (1973). Les bassins des fleuves Sénégal et Gambie, mémoires ORSTOM, Paris, France, no 63, 3 vol., 752 p.

actuel de cet ensemble dérive d'une histoire faite d'une succession de régressions et transgressions. On distingue généralement trois zones dont les caractéristiques agro-écologiques varient sensiblement : la Haute Vallée, la Moyenne Vallée et le Delta – ce dernier étant souvent associé à la Basse Vallée (Figure 7).

Figure 7. Carte de situation de la VFS et de ses trois grandes zones agroécologiques.

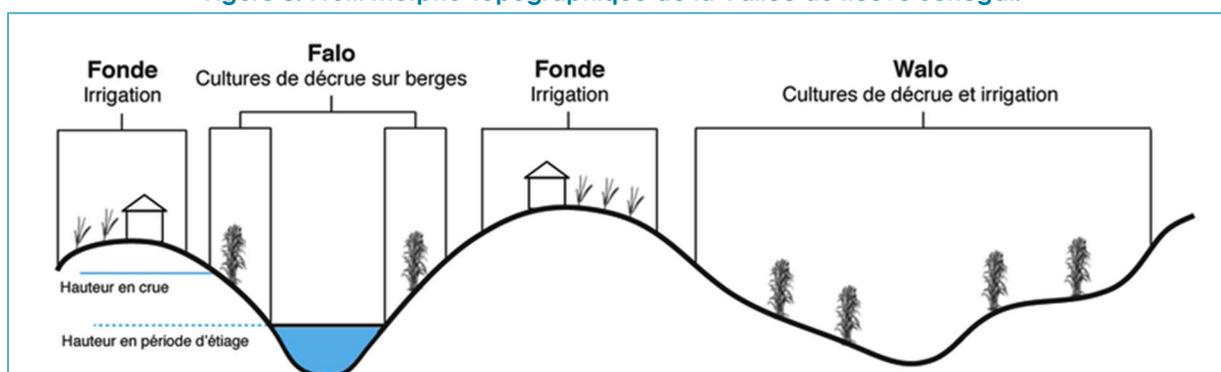


Source : d'après Kamara, 2013.

Unités paysagères

On distingue également le long de la VFS plusieurs grands groupes de paysages et de sols, façonnés en grande partie par le fleuve et ses crues (Figure 8).

Figure 8. Profil morpho-topographique de la Vallée du fleuve Sénégal.



Source : Kawolor, 2019.

Dans la zone inondable par les crues, le *walo* ou *kolangal* constitue un ensemble de cuvettes de décantation situées dans le lit majeur du fleuve. Les sols du *walo* sont hydromorphes, avec une forte teneur en argile. Cette unité de paysage reçoit plus régulièrement les crues et est le site principal des cultures de décrue, dont en premier lieu le sorgho. Les forêts ripariennes de goniakiens se situent dans ces cuvettes. Les berges en pente douce, les *falo* ou *pale*, présentent des sols limono-sableux et sont

exploités avec des cultures de décrue diversifiées. Les bourrelets de berge ceinturant le lit majeur forment de hautes levées : les *fonde*. Ce sont des sols à dominance limoneux avec une bonne teneur en argile ; ils sont seulement inondés lors des grandes crues. On y cultive le sorgho en cas de crue mais aussi les cultures sous pluies et la riziculture irriguée. Les périmètres irrigués villageois (PIV) sont aménagés sur ces types de sols. Le *diéri* constitue la zone exondée, que les crues n'atteignent jamais. Les sols y sont assez uniformes, à dominance sableux. Dans la zone du Gandiolais, on y trouve des dépressions inter dunaires, favorables aux cultures maraîchères. Le Lac de Guiers se situe au centre d'une vaste dépression naturelle de 50 km de long. Il est alimenté par le fleuve Sénégal via la rivière canalisée de la Taouey, mais aussi par les eaux de pluie venant de la vallée du Ferlo. Le lac est entouré d'une zone semi-désertique, mais ces rives sont assez fertiles.

Climat

La VFS comprend principalement le domaine climatique sahélien continental et le domaine sahélien côtier (CSE, 2018)²⁶ caractérisés par deux grandes saisons : (i) une longue saison sèche qui dure huit à neuf mois (d'octobre-novembre à mai-juin) et qui comprend une saison sèche froide et une saison sèche chaude ; (ii) une saison pluvieuse de trois à quatre mois (juin à septembre).

Les moyennes pluviométriques annuelles varient de 200 à 300 mm dans le Delta et la Basse Vallée, 300 à 400 mm dans la Moyenne Vallée, et 500 à 600 mm dans la Haute Vallée. Les températures augmentent au fur et à mesure que l'on s'éloigne de l'influence océanique. Les minimas de température sont compris en moyenne entre 17°C et 28°C, et les maximas s'élèvent de 35 à 40°C pour culminer en mai à plus de 40-45°C. Les vents de la saison sèche correspondent au cycle des vents chauds et secs chargés de poussières (harmattan) soufflant de secteur Est à Nord-Est. La Moyenne et la Haute Vallée sont sous le régime de ces vents, associés aux températures maximales les plus élevées. Ces vents avec des vitesses pouvant atteindre 5 m/s s'accompagnent de phénomènes d'évapotranspiration potentielle très importants atteignant plus de 2 400-2 500 mm par an à l'intérieur des terres. La zone du Delta, en raison des influences océaniques, bénéficie du régime des alizés maritimes dont l'humidité adoucit le climat.

2.2 Le foncier

La probabilité d'inondation d'une parcelle dans la plaine alluviale détermine sa valeur et fonde les systèmes inégalitaires d'exploitation et d'appropriation des terres. Les terroirs traditionnels de la vallée sont donc très intimement calqués sur les conditions naturelles et les caractéristiques écologiques de la plaine d'inondation (Leroy, 2004)²⁷. Les terres alluviales (*walo*), les mieux inondées, sont les plus riches, demandent moins de travail pour le semis et sont donc contrôlées par les groupes statutaires dominants. A l'inverse, les terres les moins bien inondées (*falo* et *fondé*) tant par leur topographie que par l'irrégularité interannuelle des crues sont destinées aux groupes les plus démunis. La tendance est donc, pour chaque famille, à la répartition des parcelles entre différentes hauteurs au sein d'une cuvette, entre différentes cuvettes, et entre différentes unités morpho-pédologiques de la plaine. Cette stratégie repose sur deux droits coutumiers principaux : (i) le droit de maître de terre où le possesseur cultive, prête, ou loue ses terres sur lesquelles il perçoit des redevances ; (ii) le droit de

²⁶ CSE (2018). Annuaire sur l'Environnement et les ressources naturelles. Quatrième édition. 388 pages.

²⁷ Leroy M. (2004). Gestion stratégique des écosystèmes dans un contexte d'aide internationale – Vallée du Fleuve Sénégal. Thèse de doctorat de l'ENGREF.

culture qui permet à un agriculteur d'ensemencer et de récolter une parcelle, selon un système de métayage. Le CC impactant différemment ces différents terroirs, leurs conditions d'accès par les producteurs sont un déterminant à prendre en compte dans l'évaluation de leur vulnérabilité à ce CC.

Cette vulnérabilité est d'autant plus prégnante depuis l'instauration de la Loi sur le Domaine National (LDN) en 1964 qui considère ces espaces, relevant jusqu'alors du régime du droit coutumier, comme des terres non immatriculées (comme 90% du foncier au Sénégal). La LDN a proposé la négation des droits coutumiers afin de réduire les inégalités antérieures et n'a reconnu que le droit d'usage de la terre de l'affectataire, de sorte que les usagers dans le cadre du Domaine National ne disposent pas de droits réels. Cette loi est donc confrontée depuis sa création à plusieurs défis, notamment celui de la sécurisation foncière des petits producteurs et éleveurs par absence de droits individuels ou collectifs reconnus aux usagers ou celui de permettre une cessibilité encadrée de la terre. La non reconnaissance de droits sur les terres héritées de leurs ascendants ou l'absence de titres par exemple les poussent à se référer aux règles de gestion coutumières. Un autre défi d'importance est celui de l'accès des femmes à la terre, qui demeure très limité en comparaison de leur poids dans la main-d'œuvre agricole et pastorale. De plus, en accordant aux collectivités locales le pouvoir d'affecter des droits aux usagers, l'Etat a permis au clientélisme foncier de se développer au cœur de ces collectivités locales, toujours au détriment des plus démunis. Ainsi, depuis la libéralisation économique dans les années 1990, marquée par l'arrivée massive des investisseurs, les pouvoirs publics ont pu affecter des terres agricoles à des entreprises dédiant leur activité à la production intensive en monoculture de produits d'exportation, souvent dans des conditions peu transparentes et au détriment des petits producteurs locaux. Ces accaparements de terre font peser un risque important sur la sécurité alimentaire, risque d'autant plus fort à cause du CC.

Enfin, les éleveurs transhumants investissent davantage ce terroir agricole, ce qui engendre une augmentation des conflits avec les agriculteurs. En effet, les éleveurs voient leurs espaces pastoraux diminuer du fait de l'avancée du désert et du front agricole sous l'effet de la pression démographique, ainsi que de l'acquisition des terres et de leur aménagement par de nouveaux investisseurs. La sécurisation des droits pastoraux est donc prioritaire.

Dans la VFS, les conflits fonciers entre agriculteurs et éleveurs, ou entre agriculteurs et investisseurs, exacerberaient la vulnérabilité des producteurs au CC. Pour intégrer l'adaptation aux CC dans les politiques foncières, il faut considérer les potentialités naturelles de la terre et ses vocations agricoles ou pastorales, ce que fait déjà le droit coutumier. Il semble donc nécessaire d'intégrer une reconnaissance et une protection juridique de la terre (qualité du sol, des écosystèmes et des ressources en eau qui sont associés) et s'assurer que les démarches de sécurisation foncière convergent avec celles entreprises contre la désertification et l'érosion, ainsi que pour la gestion durable de la biodiversité et de la fertilité des sols. Différents outils ont été élaborés et proposés en ce sens au Sénégal : plans d'occupation et d'affectation des sols (POAS)²⁸, unités pastorales, zones de mise en défens, charte du domaine irrigué, conventions locales de gestion concertée des ressources naturelles²⁹, développement de droits de la nature par une protection juridique des sols et des eaux³⁰, création d'un observatoire du foncier pour la vallée³¹, plateformes locales de gouvernance foncière

²⁸ D'Aquino P., Seck S.M. (2017). Formaliser ou sécuriser ? Leçons de l'expérience sénégalaise dans la vallée du fleuve Sénégal.

²⁹ Granier L. (2010). Les conventions locales, des outils efficaces de gestion concertée des ressources naturelles. CTFD et <https://journals.openedition.org/vertigo/10863?lang=pt>

³⁰ <https://fonciers-en-debat.com/la-protection-juridique-de-la-qualite-des-sols/>

³¹ <https://www.farmlandgrab.org/post/view/29192>

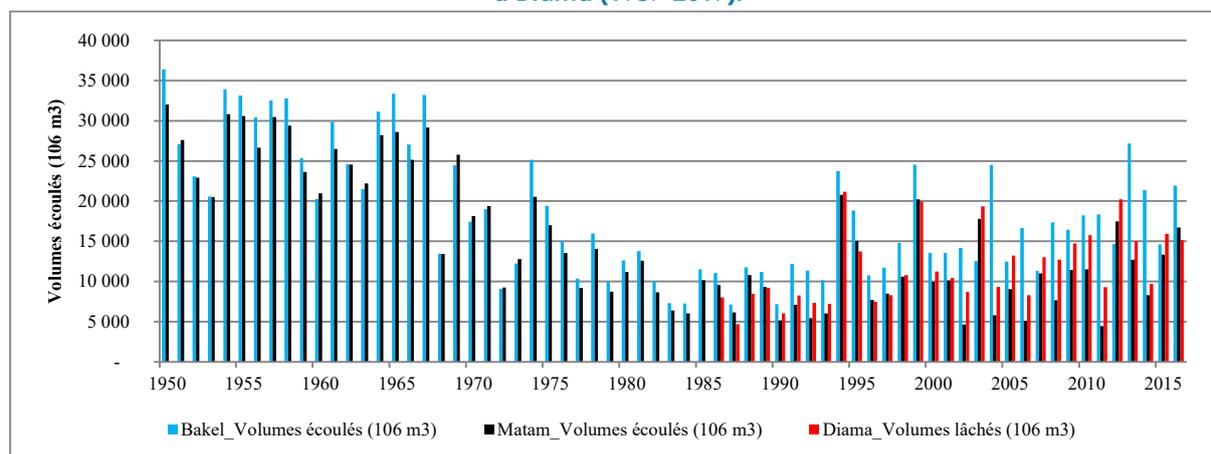
multi-acteurs reposant sur les principes des directives volontaires et une gouvernance responsable des régimes fonciers³².

Ces outils sont des moyens proposés pour répondre aux lacunes normatives et aux difficultés de gestion de la terre, de l'eau et des ressources naturelles dans un contexte de changements climatiques et sociaux rapides. Le POAS, en dépit de quelques réussites notamment dans le Delta, montre encore des difficultés d'adaptation pour devenir un véritable instrument démocratique de sécurisation des ressources vivantes et des usages ruraux. Face à ces difficultés, des améliorations juridiques sont nécessaires sur le plan économique pour garantir l'usufruit de l'usage sur un temps suffisamment long pour motiver l'investissement, sur le plan environnemental pour valoriser des techniques durables d'utilisation des ressources naturelles, et sur le plan social pour inclure des représentants des systèmes de droits locaux dans les instances décisionnelles.

2.3 Les ressources en eau et les aménagements hydro-agricoles

Les ressources en eau de la VFS sont essentiellement constituées des apports du haut bassin du fleuve Sénégal, en amont de Bakel. En aval de cette station, le fleuve reçoit très peu d'apport à cause de la faiblesse des pluies liée au climat sahélien. Le volume d'eau moyen transitant par Bakel, entre 1950 et 2017, est d'environ 19 milliards de m³ par an avec un maximum de 36 milliards et un minimum de 7 milliards (Figure 9 et Figure 10). Au niveau de la station de Matam, le volume d'eau sur cette même période 1950-2017 est de 15 milliards de m³ en moyenne annuelle, avec un maximum de 32 milliards de m³. Par contre, depuis la mise en service du barrage de Diama en novembre 1985, ce n'est pas moins de 11,7 milliards de m³ d'eau qui sont lâchés annuellement.

Figure 9. Variations des volumes écoulés (10⁶ m³) à Bakel et Matam (1950-2017) et des volumes lâchés à Diama (1987-2017).



Depuis la mise en service du barrage de Manantali en 1987, le volume moyen est passé de 19 à 16,4 milliards du fait du contrôle de la crue par le barrage et probablement des pertes dans le réservoir. La répartition mensuelle des volumes moyens, donnée dans le tableau ci-dessous, montre : (i) une baisse du maximum des apports en septembre au plus fort de la crue ; (ii) une forte augmentation des apports en saison sèche avec le soutien de l'étiage réalisé par le barrage de Manantali. En avril et mai, les

³² https://www.ipar.sn/IMG/pdf/note_de_capitalisation_-_gouvernance_du_foncier_dans_le_bassin_du_fleuve_srb_fao_ipar.pdf

volumes écoulés se situent entre 480 et 501 millions de m³ sur la période récente (1988-2020), contre 4 à 9 millions durant la période de sécheresse (1968-1987).

Figure 10. Comparaison des apports moyens (10⁶ m³) à la station de Bakel sur différentes périodes.

Période considérée	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Janv	Fév	Mars	Avril	Apports moyens annuels
1950-2020	236	370	1 399	4 544	6 609	3 205	1 119	554	367	264	268	235	19 170
1950-1987	13	177	1 424	5 541	7 834	4 122	1 298	556	303	150	80	29	21 525
1988-2020	501	598	1 369	3 361	5 155	2 116	906	553	443	399	492	480	16 373
1968-1987	4	75	1 120	4 101	4 886	2 311	826	330	166	75	36	9	13 939

Les aménagements hydroagricoles (AHA) sont essentiellement concentrés dans la Moyenne et Basse Vallée (de Matam à Dagana) ainsi que dans le Delta.³³ Ils contribuent à la mobilisation des ressources en eau de surface au profit de l’agriculture. Grâce à l’irrigation, près de 105 000 ha ont été cultivés en 2019 dans la zone d’intervention de la SAED, répartis de la manière suivante (Figure 11) :

Figure 11. Superficies cultivées dans la zone d’intervention de la SAED en 2019.

Saison	Période	Superficie cultivée 2019
Hivernage	Juillet-Oct	35 000
Contre-saison froide	Nov-Fév	20 000
Contre-saison chaude	Mars-Juin	50 000
<i>Total</i>		105 000

Source : Cellule de suivi-évaluation de la SAED, 2020.

Les volumes annuels réels consommés ne sont pas connus. Une approximation à partir des superficies ci-dessus – auxquelles doivent être ajoutés les quelques 12 000 ha de canne à sucre de la Compagnie Sucrière Sénégalaise (CSS) – et des consommations par culture et par saison estimées par le Programme d’optimisation de la gestion des réservoirs (POGR) donne un volume annuel consommé au niveau du Sénégal de l’ordre de 1,6 milliards de m³ (SCP et al., 2009)³⁴.

La SAED distingue trois catégories d’aménagements :

- Les grands aménagements (GA) réalisés sur fonds publics (Etat et partenaires au développement) sous maîtrise d’ouvrage de la SAED. Ils couvrent de 400 à quelques milliers d’hectares et sont généralement structurés en casiers en maîtrise totale de l’eau. Les GA sont alimentés en eau d’irrigation directement à partir du fleuve ou des grands émissaires. Ils se distinguent selon leur mode de gestion : les GA transférés aux associations d’irrigants et unions (désignés par GAT dans la nomenclature) et les GA non transférés, toujours gérés par la SAED (GANT). Dans les GA les plus anciens (réalisés en 1970-1980), la taille des exploitations familiales, initialement de 2 ha, a diminué au gré des générations jusqu’à une moyenne de 0,5-1 ha. La catégorie des GA inclut les aménagements intermédiaires (AI) dont la superficie aménagée brute est légèrement inférieure (60 à 400 ha) et qui se distinguent des GA par la mobilisation de l’eau de la ressource aux parcelles par double pompage, ce qui en augmente

³³ Les deux sous-zones retenues pour cette étude – Gandiolais et Lac de Guiers – sont cependant moins pourvues en aménagements hydroagricoles que d’autres parties du Delta.

³⁴ SCP, CSE, CACG, Ginger (2009). SDAGE du fleuve Sénégal. Phase 1. État des lieux et diagnostic, version finale, décembre 2009. Dakar (Sénégal) : OMVS, 443 p.

les coûts d'opération et maintenance et en réduit parfois la durabilité technique. Le type AI n'est à présent plus développé.

- Les périmètres irrigués villageois (PIV), représentant des superficies de 20 à 30 ha, sont aménagés par l'Etat et gérés par des groupements de producteurs (sections villageoises regroupées en groupements d'intérêt économique (GIE) ou coopératives). Les normes de conception des derniers PIV prévoient une superficie de 0,5 ha par attributaire.
- Les périmètres irrigués privés (PIP) : leurs surfaces sont de quelques dizaines d'hectares comme les PIV. Ils s'en distinguent par un aménagement financé uniquement sur fonds privés issus d'un ou plusieurs producteurs souhaitant acheminer l'eau jusqu'aux parcelles exploitées. Ces PIP sont généralement appelés « aménagements sommaires » car ils ne sont pas réalisés dans le cadre strict des normes techniques de la SAED.

Ces trois catégories d'AHA représentaient en 2019 une superficie aménagée totale de 116 785 ha, dont 48% pour les PIP, 42,5% pour les GA et 9,5% pour les PIV (cf. Figure 12).

Figure 12. Répartition des superficies aménagées par zone et par type d'aménagement.

Zone	Délégations SAED	Grands Aménagements	Périmètres Irrigués Villageois*	Privés	Total
Haute vallée	Bakel	1 518	428	792	2 738
Moyenne vallée	Matam, Podor	24 284	6 850	8 622	39 756
Basse vallée	Dagana	20 474	3 613	38 129	62 216
Lac de Guiers	Lac	3 284	173	8 618	12 075
<i>Total</i>		<i>49 560</i>	<i>11 064</i>	<i>56 161</i>	116 785

Source : Cellule de suivi-évaluation de la SAED, 2020.

* Les données concernant les PIV ne sont pas disponibles séparément dans la base de données SAED et ont donc été extrapolées à partir des proportions connues.

A ces types d'AHA suivis par la SAED, il convient d'ajouter :

- Les aménagements de décrue, qui permettent de réguler le flux d'eau du fleuve à l'entrée des cuvettes de décrue. Ces aménagements sont peu nombreux (quelques cas dans la Moyenne Vallée). Des ouvrages à vannes permettent la submersion contrôlée dans des cuvettes naturelles de 500 à plusieurs milliers d'hectares. La maîtrise de la durée d'inondation permet de sécuriser le potentiel de la culture de décrue pratiquée par les communautés de la vallée. Les cultures de décrue n'entrent pas dans les statistiques de la SAED pour la VFS. Elles sont suivies par les DRDR des régions concernées.
- Les petits périmètres horticoles (Lac de Guiers, Gandiolais), généralement de quelques hectares. Ils sont soit exploités par des groupements féminins appuyés par des ONG, soit exploités par des producteurs horticoles indépendants connectés aux débouchés urbains ou aux filières de la zone des Niayes. Ces périmètres sont irrigués par puits ou forages.

2.4 Les systèmes de culture

Les systèmes de culture de la VFS se différencient selon leur mode d'alimentation en eau, ce qui permet de distinguer trois grands types de systèmes : irrigués, de décrue, et pluviaux. Les **systèmes de culture irrigués** sont en pleine expansion dans la VFS, en particulier avec l'extension forte (de 7 à 10 fois depuis le début des années 70) des zones de culture du riz. En lien avec la typologie des AHA présentée dans la section 2.3, les périmètres irrigués sont très diversifiés et on distingue (DAPSA, 2009) : les grands périmètres irrigués le long du fleuve (de 400 ha à quelques milliers d'ha) ; les

périmètres moyens, dans les mêmes zones que les grands périmètres (de 60 à 400 ha) ; les PIV, situés le long du fleuve et au Sénégal oriental (20 à 30 ha) ; les PIP, situés le long du fleuve, autour du Lac de Guiers et dans le Gandiolais (30 ha en moyenne) ; les micro-périmètres privés du Gandiolais et du Lac de Guiers (taille moyenne de 1 à 2 ha).

Les principaux systèmes de culture irrigués rencontrés dans la VFS sont : (i) la riziculture, avec deux saisons de culture (hivernage et contre-saison chaude) ; (ii) le maraichage, avec certaines spécificités dans la zone du Gandiolais (dont une plus forte spécialisation vers des monocultures de rente telles que la tomate ou l'oignon) et d'autres spéculations notables telles que le gombo, le maïs et la patate douce). Concernant le riz, les emblavures irriguées pour les deux saisons ne dépassent pas 86 000 ha par an d'après les informations collectées auprès de la SAED lors de cette étude. Les rendements les plus élevés sont obtenus en saison sèche chaude (Djaman et al., 2016). Ils sont actuellement de l'ordre de 6T/ha, contre environ 4-5 T/ha en hivernage.

Les **systèmes de culture de décrue** sont pratiqués de l'amont de Bakel à Dagana (Bruckmann, 2016)³⁵. Ces systèmes ont une importance relative plus forte en Moyenne Vallée alors qu'elle est faible en Haute Vallée et quasi inexistante dans le Delta. Il faut noter que les cultures de décrue ont considérablement diminué pour se stabiliser à environ 36% du niveau d'avant les grandes sécheresses (Bruckmann, 2016). On distingue deux sous-types de cultures de décrue : (i) la culture de sorgho, souvent associée au niébé et essentiellement destinée à l'autoconsommation, dans les cuvettes (*walo*), ainsi que sur les bourrelets de berges (*fonde*) lors des hautes crues ; les cultures sur berges (*falo*), très souvent conduites par les femmes, comprenant plusieurs types de spéculations (maïs, niébé, patate, courge, courgette, etc.), dont les produits sont consommés mais aussi vendus au marché.

Les **systèmes de culture pluviaux** sont pratiqués de juillet à octobre, sur des sols très sablonneux non inondables par les crues. Les parcelles font généralement de 1 à 2 ha et l'essentiel des opérations culturales est manuel. Dans la VFS, les cultures pluviales sont de plus en plus délaissées à cause de la baisse importante des quantités et de la durée des pluies (Ndiaye, 2006). Les céréales cultivées sous pluies sont le mil, le maïs et le sorgho ; ces deux derniers sont importants dans la zone de Bakel. Le mil est beaucoup plus important dans la région de Matam, avec des emblavures de près de 30 000 hectares en 2016, mais les rendements sont faibles : moins de 400 kg/ha (DAPSA, 2017). Le niébé et la pastèque, plus adaptés à la courte saison des pluies et non vulnérables aux oiseaux granivores, sont des cultures pluviales en expansion au Nord et au Nord-Ouest du Sénégal, où ils se substituent de plus en plus à l'arachide et au mil. Le béréf (pastèque locale) et le niébé restent les seules cultures pluviales dans le *diéri* du département de Podor et du Gandiolais.

L'importance relative de chacun des trois systèmes est variable le long de la vallée, ce qui permet de distinguer six zones agricoles (Bruckmann, 2016) :

- Le département de Bakel (Haute Vallée) où les agricultures de décrue et irriguée sont faiblement pratiquées. L'agriculture pluviale y est encore importante.
- Le département de Matam (Moyenne Vallée) où les trois systèmes de culture sont assez bien représentés, à savoir : les cultures de décrue (importantes), les périmètres aménagés pour les

³⁵ Bruckmann L. (2016). L'intégration des zones inondables dans la gestion de l'eau et le développement de l'irrigation d'une vallée fluviale sahélienne. Le cas des terres de décrue de la moyenne vallée du Sénégal. Thèse de Doctorat en Géographie. Université Paris Diderot (Paris 7).

communautés villageoises (de petites dimensions) et les cultures pluviales de mil, sorgho et niébé.

- Le département de Podor (Moyenne Vallée) où l'agriculture irriguée et celle de décrue sont dominantes, tandis que les cultures pluviales sont marginales. Les périmètres irrigués de cette zone sont variables, avec des PIV, des grands aménagements et des petits périmètres privés. D'après Bruckmann (2016), les superficies cultivées dans cette zone se répartissent comme suit : 60% pour la riziculture, 22% pour les productions maraîchères (soit 82% au total en irrigation) et 18% pour les cultures de décrue (sorgho et maïs).
- Le nord du Delta où les cultures pluviales et de décrue cèdent la place à la moyenne et grande irrigation.
- Le sud du Delta, dans la zone du Lac de Guiers, où se pratiquent l'agriculture pluviale, la culture irriguée, surtout de patate douce à sa partie occidentale, et rizicole et horticole dans l'arrondissement de Mbane. Autour du lac s'agrègent des activités agricoles, pastorales, piscicoles et agro-industrielles, menées par une multitude d'acteurs parmi lesquels plus de 2000 exploitations familiales (SAED, 2015).
- Le Gandiolais où prédomine la culture irriguée d'oignons à partir de puits et forages, avec subsidiairement une culture pluviale (niébé et béref). Les exploitations, situées dans les dépressions inter dunaires, sont de petite taille, de l'ordre de 1000 m² par exploitant (Pages, 2015).

2.5 Les systèmes d'élevage

Une activité anciennement ancrée dans la VFS et qui y perdure

La VFS a longtemps été une région à vocation pastorale, vocation remise en cause au cours des dernières décennies par la variabilité climatique et le développement de la culture irriguée. Malgré tout, les systèmes d'élevage y perdurent et sont pratiqués par tous les groupes ethniques, à des degrés différents. Si pour les familles agricultrices wolof du Delta et soninké de la Haute Vallée, il s'agit avant tout d'une activité d'épargne, pour les Peuls (établis du Delta à la Haute Vallée), l'élevage est structurant pour l'économie des ménages et constitue un marqueur identitaire fort (Diao Camara, 2013)³⁶. En effet, l'entretien de grands troupeaux exploitant des parcours suivant une plus grande mobilité est l'apanage des Peuls. Ces derniers possèdent ainsi 70% des bovins et 84% du petit cheptel dans le département de Podor, le tiers des bovins dans le département de Matam et la moitié de ceux du Delta (Tourrand, 1989³⁷ ; Tourrand & Landais, 1994³⁸ ; Santoir, 1994³⁹). Dans le paysage actuel, les systèmes agropastoraux sont établis dans le *walo*, espace principalement réservé à la culture irriguée et de décrue ; les systèmes pastoraux perdurent dans le *diéri*, espace non aménagé et peu propice aux cultures, à l'exception des céréales d'hivernage.

³⁶ Diao Camara A. (2013). Thèse en sociologie, « Le rapport au changement dans la société pastorale du Ferlo », Université de Bourgogne (Dijon).

³⁷ Tourrand J.F. (1989). Un pasteur devient agro-pasteur : étude de cas dans le Delta du fleuve Sénégal. ISRA, Dakar.

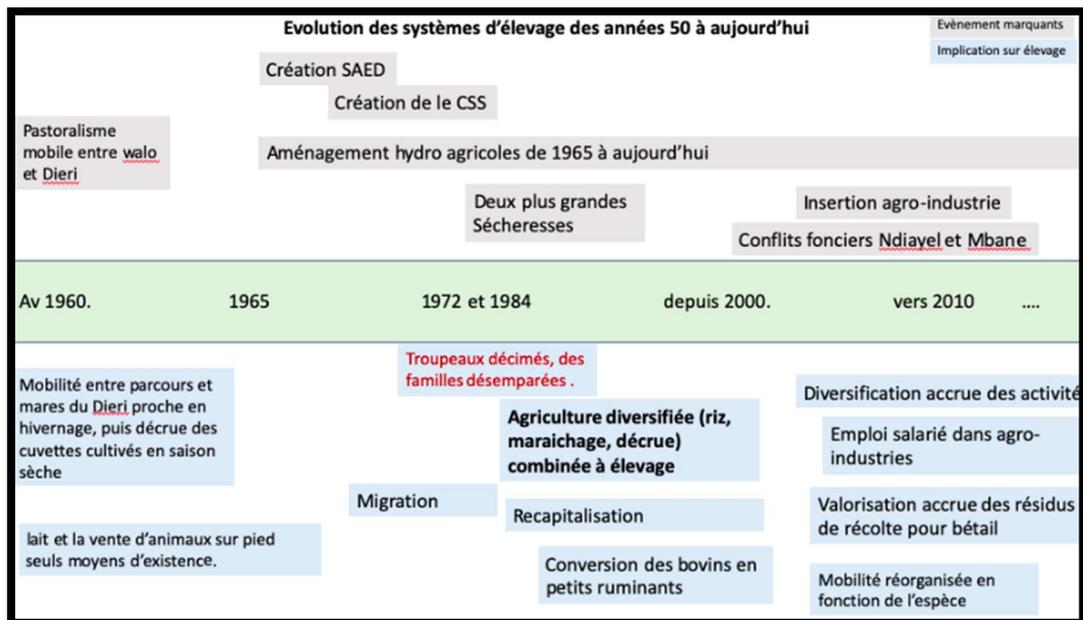
³⁸ Tourrand J.F. & Landais E. (1994). Aménagements hydrauliques et développement : stratégies paysannes d'adaptation dans le delta du fleuve Sénégal (1984-1991). Natures Sciences Sociétés 1994 ; 2 : 212-29.

³⁹ Santoir C. (1994). Décadence et résistance du pastoralisme. Les Peuls de la vallée du fleuve Sénégal. In: Cahiers d'études africaines, vol. 34, n°133-135, 1994. L'archipel peul. pp. 231-263.

Un agro-pastoralisme continuellement réinventé face aux évolutions du contexte

Au fil des années, des chocs climatiques et des choix de mise en valeur des ressources de la VSF, l'élevage continue de s'insérer, se combinant à l'agriculture sous ses diverses formes (cultures irriguées, grandes cultures d'hivernage, maraichage) et à des activités non agricoles à des degrés différents. Comme illustré dans le schéma ci-dessous, l'agriculture a joué un rôle de levier sur la résilience des communautés pastorales et l'évolution des systèmes d'élevage, confrontés aux changements multiples de l'environnement.

Figure 13. Evolution des systèmes d'élevage de la VFS des années 1950 à nos jours.



A partir des sécheresses de 1972 et 1984, l'équilibre de l'exploitation judicieuse de la complémentarité entre *walo* et *dieri* est rompu. L'élevage a été fortement touché, des troupeaux décimés. Des familles désemparées ont ensuite tenté par plusieurs moyens de reconstituer leur cheptel. L'agriculture est une activité ancienne mais souvent marginale chez les pasteurs sahéliens (Bonfiglioli, 1990)⁴⁰. Elle a néanmoins constitué le salut des éleveurs de la VSF suite aux grandes sécheresses, en leur procurant des aliments autoconsommés et en s'affirmant comme la meilleure voie de recapitalisation animale. Aussi les éleveurs sont-ils peu à peu passés à des emblavures plus diversifiées, comme en témoignent les superficies actuelles de maraichage, riz et tomate des familles d'éleveurs (Diouf, 2013⁴¹ ; enquêtes BRACED, 2018⁴²). Ceci rend d'ailleurs plus difficile le maintien de grands troupeaux et la transhumance.

Ces deux grandes sécheresses ont profondément marqué les éleveurs, et depuis la variabilité pluviométrique met à rude épreuve les deux principales ressources de l'élevage extensif que sont les pâturages sur les terres non appropriées par les cultures et les eaux de surface. A ces contraintes climatiques s'ajoutent la pression agricole appuyée par une politique publique d'intensification de la riziculture et le développement de cultures horticoles de rente. Par conséquent, autour des villes et particulièrement dans le Delta, quand des débouchés laitiers existent, les éleveurs intensifient les

⁴⁰ Bonfiglioli A. M. (1990). Pastoralisme, agro-pastoralisme et retour : itinéraires sahéliens. Cah. Sci. Hum., 26 (1-2), 255-266.

⁴¹ Diouf I.F. (2013). Système mixte agriculture irriguée et élevage transhumant : l'enjeu autour de l'accès aux ressources foncières dans la moyenne vallée du fleuve Sénégal. Géographie. Université Toulouse le Mirail - Toulouse II.

⁴² Base de données encore en exploitation (PPZS).

systèmes d'exploitation, avec une mobilité journalière des troupeaux. Dans les territoires accueillant des agro-industries, une stratégie de compensation consacre des aménagements importants pour les communautés pastorales impactées, comme dans le cas par exemple de la West African Farms (WAF) à Ngnith et de la Société de Cultures légumières (SCL) à Diama et Gandon. Les éleveurs y exploitent des cultures fourragères, cultivent leurs propres parcelles de produits destinés aux marchés en plus d'accéder aux résidus de récolte de ces agro-industries. Dans la Moyenne et la Haute Vallée, la cohabitation de grandes cultures d'hivernage, de cultures de décrue, de la riziculture et/ou du maraichage avec des troupeaux extensifs reste en vigueur. Dans ces contextes, la fréquence des conflits d'usage a poussé les collectivités locales à institutionnaliser des plans de gestion intégrée : les POAS (plans d'occupation et d'affectation des sols).

L'intensification durable par une intégration de l'agriculture sous toutes ses formes (riziculture irriguée, décrue, pluviale et maraichage) à l'élevage reste un enjeu majeur pour faire face aux changements globaux de l'environnement.

2.6 Les ressources halieutiques et la pêche

Le fleuve Sénégal mobiliserait près de 15 500 pêcheurs. La majorité d'entre eux sont occasionnels et pêchent pour leur consommation personnelle ou pour une vente locale dans les villages. Une grande partie des captures échappent donc aux recensements. Bruckmann (2016) indique que les captures ont reculé de 35 000 tonnes en 1956 à 10 000 tonnes en 1972, puis à 7 000 tonnes en 1980 et 1988. Ce taux serait remonté à environ 20 000 tonnes aujourd'hui.⁴³ Avant les grandes sècheresses et la mise en eau des barrages, la productivité halieutique dépendait de l'importance des crues, de la remontée de la marée jusqu'à Podor et de l'importance spatiale des zones inondables latérales du lit du fleuve⁴⁴ (Lericollais & Diallo, 1980⁴⁵ ; Crousse, Mathieu & Seck, 1991⁴⁶). D'après Garrett et Flemming (1978)⁴⁷, avec une zone inondable de 550 000 ha et des prises de 60 kg/ha/an, la production halieutique de cette zone était à l'époque de l'ordre 33 000 tonnes.

La pêche, autrefois pratiquée dans les cuvettes inondées lors de la décrue, est aujourd'hui limitée aux marigots et bras du fleuve (Magrin et Seck, 2009)⁴⁸. On note également une chute des captures en saison sèche. Le nombre d'espèces diminue en relation avec l'évaporation et la qualité de l'eau. La légère augmentation des prises sur l'année à partir des années 1990 est liée au retour de crues certaines années sur le haut bassin. Lors d'années à forte hydraulité, les taux de captures ont pu se reconstituer (Bruckmann, 2016). D'après les pêcheurs, en 2012, ils pouvaient attraper jusqu'à 10 ou 15 kg de poisson par jour et leur période de bonne pêche a duré de 4 à 5 mois tandis qu'en 2011 ils n'ont pu attraper que 2 à 3 kg/jour sur une période de 1 à 2 mois. Les zones qui enregistrent les plus fortes captures sont les tronçons aval de Richard-Toll à Diama (44,9 kg/sortie) et ceux du lac de Guiers et de la Taouey (51,2 kg/sortie). Les captures les plus faibles ont été enregistrées entre Bakel et Matam (6,6 kg/sortie). Pour l'UICN (2006)⁴⁹, deux espèces d'eau douce représentent à elles seules 70% des

⁴³ Données tirées de l'enquête cadre de la pêche artisanale au Sénégal de 2012 publiée en 2016 par l'UEMOA : http://atlas.statpeche-uemoa.org/poster/sen_pc.pdf

⁴⁴ Qui sont des zones de frayes, de nurserie et de nourriceries pour l'ichtyofaune.

⁴⁵ Lericollais A. & Diallo Y. (1980). Peuplement et cultures de saison sèche dans la vallée du Sénégal. 7 Cartes et Notices, OMVS/Orstom, Paris.

⁴⁶ Crousse B., Mathieu P. & Seck S.M. (1991). La vallée du fleuve Sénégal. Évaluation et perspectives d'une décennie d'aménagements, Paris, Karthala, 380 p.

⁴⁷ Garrett & Fleming (1978). Evaluation des effets des aménagements prévus dans la vallée du fleuve Sénégal. OMVS. Rapport final.

⁴⁸ Magrin G. & Seck S.M. (2009). La pêche continentale en sursis ?

⁴⁹ UICN (2006). Evaluation des ressources sauvages au Sénégal.

prises dans le fleuve Sénégal (bas delta compris) – le cobo (*Ethmalose*) pour 40% et les tilapias pour 30% – alors que la biodiversité halieutique s'élevait à plus de 100 espèces de poisson. Les mises en service des barrages de Diama et de Manantali et les aménagements hydro-agricoles ont juste précédé le retour des années pluvieuses, mais en entravant les flux hydriques et l'amplitude des volumes oscillant d'eau douce et d'eau marine, elles ont dégradé le fonctionnement écosystémique du fleuve et donc de sa productivité en ressources vivantes.

La vulnérabilité de l'écosystème halieutique est d'abord liée aux conséquences de l'aménagement ayant entraîné une perte des zones inondables par écrêtage des crues, une baisse de l'hydraulité du fleuve et la prolifération de plantes aquatiques. La vulnérabilité s'est aussi accrue avec le réchauffement climatique par l'élévation des températures et de l'évaporation (l'évapotranspiration du typha est 50% supérieure au taux d'évaporation de l'eau libre). La vulnérabilité des pêcheurs est enfin sociale, technique, financière et réglementaire du fait de la pauvreté de cette population, d'une faible organisation de la profession, de l'usage d'engins de pêche non sélectifs (interdits), du non-respect de la réglementation en vigueur par défaut de contrôle de l'administration, de défaut d'infrastructures de débarquement, d'équipement de conservation et enfin de soutien des politiques publiques de l'Etat et des collectivités locales.

Il faut aussi signaler la présence de pêcheurs maliens saisonniers. Ils sont estimés à plus de 600 individus installés principalement dans les localités suivantes : Saneinte, Témeye-Toucouleur, Ndiakhaye, Bokhol, Richard-Toll, tout au long des canaux d'irrigation des rizières aux environs de Mboundome, et dans des campements qui longent le canal de Corona sur la route nationale 2. Selon Fall (2015)⁵⁰, les pêcheurs sénégalais ont déploré de nombreux problèmes causés par les pratiques de ces pêcheurs maliens qui sont sources de conflits dont : (i) l'augmentation de la pression exercée sur les ressources halieutiques ; (ii) l'utilisation abusive des filets monofilament prohibés dans le Lac de Guiers, car ils capturent une grande quantité de juvéniles de poissons et ne respectent pas les mailles réglementaires ; (iii) la capture massive d'individus immatures principalement au niveau des canaux d'irrigation ; (iv) les problèmes d'approvisionnement du marché local, le poisson étant exporté au Mali. Les pêcheurs maliens profitent souvent de la faiblesse des moyens des services techniques et de la brigade de surveillance fluviale pour pêcher illégalement (Fall, 2015).

L'érosion de la plage de Guet Ndar n'est que partiellement le fait des CC. Elle est également le résultat du retard pris dans la protection du système sédimentaire côtier mauritano-sénégalais et dans le déménagement des populations. Le choix du site de recasement temporaire des populations sinistrées de Guet Ndar à l'Est de Saint-Louis a séparé spatialement les pêcheurs de leur port de pêche. Deux autres sites pré-identifiés dans le Gandiolais (Pilot et Mouit) dans l'estuaire et à proximité de l'embouchure présentent des avantages comparatifs pour le maintien voire le développement de l'activité de pêche.

La production piscicole et aquacole qui devait suppléer aux limites atteintes par les pêches de capture reste encore à un niveau insignifiant par rapport à la demande nationale. Le PSE ambitionne une production aquacole qui pourrait contribuer à hauteur de 10% du volume total des pêches de capture, autrement dit près de 40 000 tonnes de produits halieutiques et la création de 20 000 emplois au Sénégal avant 2023. Des initiatives techniques sous forme de projets ont été menées depuis 1979. Par

⁵⁰ Fall M. (2015). Rapport sur la présence des pêcheurs maliens dans le département de Dagana. Service Régional des Pêches et de la Surveillance de Saint-Louis / Service Départemental des Pêches et de la Surveillance de Dagana, 5 p.

exemple, le projet d'élevage du tilapia lancé par l'Etat en 1979 avec l'appui de l'USAID n'a pas été un succès (Diouf & Albaret, 1996)⁵¹. La rizipisciculture a été introduite en 2005 à Rosso Béthio, Gaya et Ndiarème où des tilapias, des hétérotis nilotiens, voire même des capitaines, sont élevés dans des casiers aménagés par des riziculteurs.

Dès 2006, selon la FAO⁵², le gouvernement s'est engagé à développer l'aquaculture avec la création de l'Agence Nationale de l'Aquaculture (ANA). Trois stations de l'ANA ont été créées à Richard-Toll, Matam et Bakel. Le PGIRE I (2007 à 2013)⁵³, à travers la composante « Amélioration de la pêche traditionnelle », a permis (i) la formation de 1 200 acteurs de la pêche dans la zone d'intervention du projet (Mali, Mauritanie, Sénégal), (ii) l'acquisition de matériels de pêche (pirogues, filets, caisses isothermes, flotteurs), (iii) la réalisation d'infrastructures de pêche (berges sommaires, aires de transformation de poissons et ouvrage de régulation des eaux de crue) à Matam. Enfin, un programme de repeuplement halieutique du fleuve Sénégal a été lancé en décembre 2019 à Walaldé près de Podor en réponse officielle face à la raréfaction effective de la ressource halieutique dans le fleuve (Sarr, 2019)⁵⁴. Toutefois, ces initiatives n'intègrent pas suffisamment une gestion écosystémique de la ressource halieutique du fleuve qui serait fondée sur les deux éléments suivants : (i) le régime d'inondation et le taux de végétalisation des cuvettes de décrue, qui constituent les zones de fraye, de nurserie et de nourricerie de l'ichtyofaune ; (ii) les apports en limon et plancton du fleuve, déficitaires depuis la mise en service du barrage de Manantali. Une telle gestion écosystémique constituerait le principal instrument de restauration et de résilience de l'activité halieutique dans la VFS.

2.7 Les ressources ligneuses

Le bois et le poisson sont les deux ressources naturelles les plus surexploitées et les plus menacées du Sénégal. Cependant, les informations objectives relatives à l'évolution de la végétation de la VFS (tout comme celles des ressources halieutiques) sont rares et anciennes (Leroy, 2004), parfois contradictoires et souvent obsolètes. La principale formation ligneuse dans la vallée du fleuve est la forêt de gonakiers (*Acacia nilotica*). Cette espèce amphibie demande une submersion minimum de 15 jours/an et la supporte jusqu'à 2 mois/an. Les formations arborées installées sur les terres de décrue sont résistantes à plusieurs années de faibles ressources en eau. La productivité de la forêt de gonakiers est 10 à 20 fois supérieure à la productivité de la forêt sahélienne (Van Lavieren & Van Wetten, 1988)⁵⁵.

La végétation de la VFS s'est réduite et appauvrie depuis plus d'un siècle (Chamard et Courel, 1999⁵⁶ ; Papy, 1951⁵⁷ ; Bernard, 1991⁵⁸). Tapan et al. (2004) cités par Bruckmann (2016) ont montré que les forêts des rives du fleuve sont passées d'environ 40 000 ha en 1965 à un peu plus de 9 000 ha en 1992, soit une réduction de 76% de la surface arborée. L'ensemble des études indiquent toutes les mêmes tendances : diminution des surfaces et de la densité, baisse en volume des forêts classées (de 33% des

⁵¹ Diouf P.S. & Albaret J.J. (1996). L'élevage du tilapia dans le bassin du fleuve Sénégal : les raisons d'un échec. CRODT. Troisième symposium international sur le Tilapia en Aquaculture. ICLARM.

⁵² Source : http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_senegal/fr

⁵³ Projet de Gestion Intégrée des Ressources en Eau et de Développement des Usages Multiples du Bassin du Fleuve Sénégal.

⁵⁴ Sarr C.M. (2019). « Rareté du poisson : le PUMA lance le programme de repeuplement du fleuve Sénégal » ; SENE Journal ; 31 décembre 2019.

⁵⁵ Van Lavieren & Van Wetten (1988). Profil de l'environnement de la vallée du fleuve Sénégal. R.I.N, contributions to research on management of natural resources. Research Institute for Nature Management ; 169p.

⁵⁶ Chamard P. et Courel M.F. (1999). La forêt sahélienne menacée. Sècheresse n°1, vol10.

⁵⁷ Papy L. (1951). La vallée du Sénégal : Agriculture traditionnelle et riziculture mécanisée. Les Cahiers d'Outre-mer n°16.

⁵⁸ Bernard C. (1991). Les débuts de la politique de reboisement dans la vallée du fleuve Sénégal (1920-1945).

départements de Podor et Matam). Le domaine forestier est en régression et couvre une surface inférieure aux données officiellement enregistrées (Leroy, 2004). Entre 33 et 43% des forêts classées de gonakiers ont été détruites entre 1972 et 1977 (Garett & Fleming, 1978).

De manière générale, en zone sahélienne, les principaux facteurs de diminution des superficies forestières sont, dans l'ordre décroissant⁵⁹ : (i) la satisfaction des besoins en énergie (bois de feu et charbon de bois) et en bois d'œuvre ; (ii) l'extension des surfaces agricoles ; (iii) le surpâturage des jeunes pousses et des feuilles d'arbre ou d'arbuste (fourrage) ; (iv) les feux de brousse, qui empêchent la régénération ; et (v) l'impact direct du climat (sècheresse).⁶⁰ A ces facteurs sahéliens s'ajoutent pour la VFS l'assèchement des zones inondables latérales par l'écrêtage artificiel des crues et les endiguements de périmètres irrigués⁶¹, ainsi que les zones ennoyées par les retenues des barrages. Enfin, depuis 40 ans, plus d'une vingtaine de procédures de déclassement des forêts ont été effectuées.

Les coupes des forêts de gonakiers, interdites depuis 1987, perdurent de façon frauduleuse. La situation dans le Nord du Sénégal devient alarmante et elle a été aggravée par la décentralisation des permis de coupe au niveau des collectivités locales. A cela s'ajoute l'insuffisance de la surveillance, souvent privatisée.⁶² Un état des lieux en 2000⁶³ indiquait que le taux de déboisement était 6 fois supérieur au taux de reboisement, que l'effort national de reboisement était en baisse constante et que les superficies plantées avaient diminué de 38%. Il faut mentionner néanmoins qu'après les nombreux échecs étatiques, il existe des efforts de reforestation « par le bas » car nombre de communautés rurales ont créé des comités villageois de surveillance des ressources forestières face à l'incapacité des services forestiers (Manga, 2019).

Les déboisements ont entraîné la réduction de la durée d'inondation de la vallée, du taux d'infiltration dans les sols, de la nappe alluviale, de la productivité des eaux et du piégeage du limon et de l'enrichissement des sols, des possibilités de confinement des mares, des zones de frayères, nurseries et nourriceries pour les poissons (Descroix, 2018)⁶⁴. Ils ont également entraîné l'augmentation du caractère torrentiel de la crue, du ruissellement et de l'érosion des terres alluviales, de l'évaporation et assèchement des berges et des sols par diminution de l'ombre portée par les arbres coupés ou brûlés.

La VFS est avec le delta interne du Niger ou le Lac Tchad l'une des plus importantes zones humides à niveau élevé de fertilité de la zone sahélienne. La couverture végétale arborée dans la VFS constitue non seulement le socle de régénération des ressources pédologiques, halieutiques et pastorales, mais elle est l'instrument privilégié pour protéger le milieu et les activités localement contre les agressions climatiques et pour maintenir son capital de fertilité. Les populations commencent à en prendre conscience suite aux déboisements entrepris par des entreprises agro-industrielles. Une question essentielle est de savoir comment et par quels partenaires elles seront soutenues pour développer de

⁵⁹ Mesure établie sur la base de l'analyse de 44 sites sahéliens. Source : Ariori et Ozer (2005). Evolution des ressources forestières en Afrique de l'Ouest soudano-sahélienne au cours des 50 dernières années. Geo-Eco-Trop.

⁶⁰ D'après les estimations du PROWALO (1996, cité par Bruckmann, 2016) faites sur la forêt de Diamel, les besoins locaux en gonakiers étaient destinés pour 58% au bois de chauffe, pour 33% au charbon et pour 9% à la construction.

⁶¹ Les pertes en superficies inondées générées par les aménagements et la gestion du régime du fleuve sont estimées à 360 000 ha (passage de 550 000 ha à 190 000 ha) selon Leroy (2004).

⁶² <https://www.notre-planete.info/actualites/4157-causes-deforestation-Senegal>

⁶³ Diouf D. et al. (2000). Le reboisement au Sénégal, bilan des réalisations de 1993 et 1998. Laboratoire de microbiologie des sols IRD, ISRA, UCAD, CIRAD ; Centre Bel-Air.

⁶⁴ Descroix L. (2018). Processus et enjeux d'eau en Afrique de l'Ouest soudano-sahélienne. Paris : EAC, 320 p.

nouvelles pratiques rurales de revalorisation de leur milieu et de leur économie. On note une volonté politique récente au plus haut niveau de l'Etat du Sénégal de préserver les ressources ligneuses par une redynamisation des actions menées dans le cadre du projet de la Grande Muraille Verte, dont le tracé n'emprunte la VFS qu'en amont de Matam. La mobilisation autour de l'intensification des actions de l'Agence Sénégalaise de Reforestation en partenariat avec les collectivités territoriales aura-t-elle un effet d'entraînement sur le reverdissement et la gestion forestière dans la moyenne vallée du fleuve et son delta ? Ce reboisement nécessite un cadre foncier et juridique renouvelé, une conciliation des connaissances scientifiques et des savoirs traditionnels et des approches participatives et novatrices de restauration des terres dégradées.

2.8 La démographie et les migrations

La VFS est la première région migratoire du pays. Sa population importante (2 061 515 habitants en 2013, soit 16% de celle du pays⁶⁵) a développé une culture de la mobilité sur le temps long, en partie pour des raisons d'irrégularité climatique, bien que les bouleversements socio-politiques aient joué un rôle important également (esclavagisme, colonisation, etc.). En raison de la présence d'une large vallée fluviale humide⁶⁶ enchâssée entre des plateaux semi-arides à arides et pauvres, la mobilité saisonnière est l'instrument d'accès aux ressources agricoles et pastorales de ces terroirs complémentaires. Les déplacements des agriculteurs et éleveurs peuvent s'étirer sur plusieurs dizaines de kilomètres entre les champs du *walo* et ceux du *diéri*. La mobilité est également due à un climat tropical à longue saison sèche, avec d'une part une émigration saisonnière vers les zones pourvues en produits non ligneux (paille de brousse, gomme arabique, fruits divers) et d'autre part la transhumance des éleveurs. Enfin, comme ailleurs au Sahel, la mobilité humaine a toujours été une réponse adaptée à l'instabilité et la variabilité climatique permanentes qui caractérisent cette région.

Pays d'immigration jusqu'au 19^{ème} siècle, le Sénégal est devenu au 20^{ème} siècle un pays d'émigration dominante du fait des difficultés des conditions de vie associées aux aléas climatiques, combinés au manque d'emplois, à la pauvreté et au succès des expériences migratoires antérieures. La grande sécheresse (1972-1986) a été un amplificateur des migrations dont les causes étaient d'abord socio-économiques. Face à cette situation, la stratégie d'aménagement de la vallée a eu pour objectif de nourrir les populations et de les fixer, et donc de ralentir la migration (Schmitz, 2008)⁶⁷. Mais le retard ou l'insuffisance du taux d'aménagement pour l'irrigation (2000 ha/an au lieu des 4000 ha/an prévus) dans les années 1990-2005 n'a pas permis d'enrayer durablement les migrations, voire constitue un amplificateur de ces migrations qui se sont intensifiées à la fin des années 1990.

En raison des revers économiques de l'agriculture et du taux de chômage élevé à Dakar, la migration s'est renforcée dans les années 2000 puis clandestinisée en direction de l'Europe dans les années 2010 en raison du développement des politiques anti-migratoires de l'Union européenne. La migration est perçue non seulement comme une forme de résilience des familles et villages de migrants mais aussi comme l'ascenseur social le plus accessible pour le migrant et leurs familles. Les flux d'émigration s'intensifient. Mais il faut noter aussi que de nouveau flux d'immigration vers la vallée émergent, en provenance majoritairement du Mali, de Mauritanie, de Gambie, mais aussi du Ghana, du Niger et de

⁶⁵ D'après le recensement général de la population, de l'habitat, de l'agriculture et de l'élevage (RGPHAE) de 2013.

⁶⁶ Ainsi que d'une plaine alluviale d'une largeur pouvant atteindre 25 km et d'une superficie inondable de plus de 500 000 ha.

⁶⁷ Schmitz J. (2008). La vallée du Sénégal entre (co)développement et transnationalisme.

Côte d'Ivoire, avec le développement de cultures de rentes (tomates, oignons, canne à sucre) et l'exploitation du phosphate.

Les phénomènes migratoires pourraient en retour indirectement exacerber la surexploitation des ressources, la perte de biodiversité et la salinisation des sols. Si les générations de migrants des années 1970 et 1980 ont investi dans l'aménagement hydro-agricole, les vagues suivantes ont préféré investir dans la rente immobilière en ville, ainsi que dans des équipements sociaux et dans l'appui direct aux familles de leurs villages d'origine. Une question essentielle est de savoir comment les migrations seront soutenues pour développer de nouvelles pratiques rurales de revalorisation écosystémique de leur milieu et de leur économie.

2.9 Les questions de genre

Au Sénégal, en milieu rural, les femmes constituent près de 70% de la force de travail (Enda Pronat, 2011)⁶⁸ et assurent un peu plus de 80% de la production agricole, avec cependant un accès limité aux moyens de production (Gueye, 2008). Ces données ne sont pas désagrégées à l'échelle de la VFS, mais il est clair que les femmes et les jeunes⁶⁹ jouent un rôle crucial dans l'agriculture. A l'instar de la situation à l'échelle nationale, ils constituent en effet une part importante de la main-d'œuvre agricole et participent à tous les maillons de la production.

Les femmes sont particulièrement vulnérables aux effets du CC en raison de leur accès limité aux ressources et de leurs responsabilités familiales (Dimé et al., 2018)⁷⁰. Dans la plupart des sociétés d'Afrique de l'Ouest, les femmes assument les travaux domestiques et sont les principales responsables de l'éducation des enfants et des soins aux personnes âgées et aux malades. La vie des femmes est aussi marquée par la reproduction, qui a une influence directe et évidente sur leur état de santé et sur les opportunités d'accès à l'instruction, à l'emploi et aux revenus (FAO, 1998). De manière générale, au Sénégal, les femmes accèdent difficilement aux moyens de production agricoles. Leur accès difficile à la propriété foncière est particulièrement problématique compte tenu de la place primordiale qu'occupe la production agricole dans l'économie des ménages (Enda Pronat, 2011).

L'étude conduite par l'IPAR et le CNCR (2019) indique que le mode dominant d'accès à la propriété foncière est l'héritage dans la VFS ; comme le mentionne une autorité administrative interrogée : « *il est certes vrai qu'aujourd'hui les modalités d'accès à la terre sont clairement définies par la loi sur le domaine national. Mais ici au Fouta, les gens n'acceptent pas de se plier à cette décision, ils ont plutôt opté pour le système de l'héritage* ». Alors que dans les règles d'héritage islamiques (religion dominante dans la région), la femme reçoit théoriquement une demie part contre une part pour l'homme, la terre, parce qu'elle est considérée comme un bien familial, échappe dans la pratique à cette règle et ne fait pas partie des biens dont les femmes héritent. La femme est en effet vue comme une personne qui va quitter sa famille pour sa belle-famille ; une fois mariée, elle n'aura plus droit à la propriété foncière. Les productrices de la VFS se retrouvent ainsi bien souvent privées de terres pour l'agriculture. Arame Top (2014) va dans le même sens en montrant que dans la région de Matam, la hiérarchisation sociale de la société halpulaar ne laisse aucune chance de promotion socioéconomique

⁶⁸ EndaPronat (2011). Rapport scientifique « Amélioration et sécurisation de l'accès des femmes au foncier au Sénégal ».

⁶⁹ Dans cette étude, nous avons considéré comme « jeune » toute personne de sexe masculin ou féminin de moins de 35 ans, qui n'a pas créé son propre ménage et se trouve sous la responsabilité d'un ou d'une chef/cheffe de ménage.

⁷⁰ Dimé et al. (2018). Migrations et autonomisation des femmes en contexte de changement climatique : enjeux et défis à Wendu Bosséabé. IED Afrique.

aux classes situées aux bas de l'échelle ; dans leur mode de répartition des ressources, les femmes ne sont guère privilégiées.

Dans la Moyenne et la Haute Vallée (en particulier dans les communautés halpulaar), la hiérarchisation sociale est projetée sur l'espace agricole, ce qui reproduit des inégalités dans l'accès aux moyens de production des catégories sociales défavorisées, notamment les castes d'artisan et les descendants d'esclaves. Comme déjà signalé dans la section 2.2, les terres les plus fertiles (cuvettes de décantation) sont occupées par les « nobles » tandis que les périphéries des domaines inondables, moins fertiles, sont généralement destinées aux catégories situées au bas de l'échelle sociale. Cette situation prévaut aussi pour les femmes à l'intérieur de chaque catégorie. « *Les stratégies d'adaptation restent donc tributaires de ces différents rapports à l'espace et des rapports sociaux qui en sont le soubassement* » (Sall et al., 2011)⁷¹.

Dans la VFS comme dans d'autres zones rurales des pays dits du Sud, les facteurs climatiques jouent un rôle déterminant dans les vulnérabilités spécifiques aux femmes et aux jeunes. Selon le GIEC, les populations les plus marginalisées économiquement et socialement seraient les plus touchées par les effets du CC. Or les femmes représentent la majorité des pauvres au niveau mondial. Leurs moyens d'existence dépendent en outre davantage des ressources naturelles menacées (Osman-Elasha, 2009). Enfin, leur participation à la prise de décision est plus faible et elles sont généralement exclues des projets de gestion de l'environnement. Ceci réduit leur capacité à s'adapter aux effets du CC. Dans la VFS, les CC, combinés à d'autres facteurs de dégradation des ressources tels que la déforestation, ont eu des conséquences très concrètes sur le vécu quotidien des femmes : « *on marche longtemps pour trouver du bois ; nos puits sont devenus secs ; on ne trouve plus de produits à vendre ; nos terres sont devenues improductives ; nous n'avons pas d'argent ; il ne pleut plus comme avant* » (Clavel, 2018)⁷².

Les femmes de la VFS, à l'image des femmes du Sénégal, se sont engagées dans des dynamiques d'organisation collective autour de groupements de promotion féminine (GPF), de GIE et de tontines afin d'accroître leurs moyens d'existence et de mieux se positionner en acteurs de leur propre développement. Ces groupements contribuent à l'autonomisation socio-économique des femmes et à la mise en commun des ressources, des idées et des expériences afin d'augmenter leurs revenus (Dia, 2020)⁷³. Dans toute la VFS, les femmes sont particulièrement actives dans la transformation des produits agricoles. Plus spécifiquement, elles sont fortement impliquées dans la transformation des produits laitiers, céréaliers et halieutiques. Elles occupent également une place importante dans la commercialisation des produits agricoles.

Le Sénégal, qui est l'un des premiers pays d'Afrique subsaharienne à avoir mis en place une politique de promotion des femmes, bénéficie de la part des organismes de développement de nombreux projets et actions ciblant spécifiquement les femmes (Serme, 1993)⁷⁴. Parmi les projets récents dans la VFS, on note les suivants :

⁷¹ Sall et al. (2011). Changements climatiques, stratégies d'adaptation et mobilités. Evidence à partir de quatre sites au Sénégal.

⁷² Clavel M. (2018). Mémoire de Master : « L'amélioration de la gouvernance foncière dans la zone hydro-agricole du Delta du Fleuve Sénégal : une contribution par l'analyse de genre ».

⁷³ Dia I. (2020). Quel rôle pour les Groupements de Promotion Féminine dans l'accès sécurisé des femmes au foncier ? In blog de l'IIED.

⁷⁴ Serme M. (1993). Femmes des villages et développement. Nécessité d'un revenu monétaire pour la femme en milieu rural : cas des femmes de la moyenne vallée du Fleuve Sénégal. CIRAD.

- Le projet Feed the Future Senegal / Naatal Mbay (2015-2019)⁷⁵ : cette initiative américaine contre la faim et pour la sécurité alimentaire visait à améliorer la nutrition et les opportunités économiques des ménages les plus vulnérables vivant dans la VFS et dans le Sud du Sénégal.
- Le projet Agriculture irriguée et développement économique des territoires ruraux de Podor (AIDEP), financé par l'AFD depuis 2015, cherche à renforcer les bases d'une agriculture irriguée (riz, autres céréales et légumes) viable, diversifiée et durable dans le Département de Podor et plus particulièrement dans la zone de l'Ile à Morphil, en vue de réduire la pauvreté et l'insécurité alimentaire et de favoriser l'insertion des femmes, notamment dans la production maraîchère, la commercialisation et la transformation des produits agricoles.
- Le Programme d'appui aux projets économiques des femmes de la Vallée du fleuve Sénégal et du Bassin Arachidier (PAPEF)⁷⁶, mis en œuvre en 2013-2014 et cofinancé par le Fonds européen de développement (FED), visait l'amélioration des conditions de vie de 400 femmes rurales actives et de leurs familles. Ce projet a financé la transformation du riz en brisures au niveau des commissions féminines de l'Union des Jeunes Agriculteurs de Koyli Wirnde (UJAK) et de l'Amicale du Walo (ASESCAW).
- Le Projet d'amélioration de l'accès au foncier des femmes rurales (2012-2014)⁷⁷, financé par la coopération espagnole, visait à renforcer le leadership des femmes rurales et à sécuriser leur accès au foncier dans le cadre d'une agriculture saine et durable dans la VFS, le Djender et le département de Tambacounda.

Afin de contribuer à la réduction des inégalités de genre dans le secteur agricole, la circulaire 0989/MAER/CT/SMD du MAER en date du 5 juin 2018 demande d'affecter aux femmes un quota d'au moins 15% des aménagements à réaliser à partir des eaux de surface et d'au moins 20% des aménagements à réaliser à partir des eaux souterraines.

3 Analyse des changements climatiques observés et futurs

3.1 Changements climatiques observés dans la VFS

Changements observés au niveau de la température

Au Sénégal, la température moyenne a augmenté de +1°C de 1950 à 2014 comparativement à la normale 1961-1990 (Sagna et al., 2015)⁷⁸. A l'image du globe, les années 2000 et 2010 sont les plus chaudes. Depuis 1960 la température annuelle moyenne a augmenté de 0,9°C, soit un taux moyen d'environ 0,20°C par décennie (McSweeney et al., 2010). Cette tendance s'observe également dans la VFS où l'on enregistre une tendance significative à la hausse ($p < 0,001$) dans les séries de température maximales (Tx) et minimales (Tn) à Saint-Louis, Podor, Matam et Bakel (Figure 14 et Figure 15).

⁷⁵ <https://www.usaid.gov/news-information/news/feed-future-senegal-naatal-mbay-notes-de-capitalisation>

⁷⁶ <https://www.gret.org/projet/programme-dappui-aux-projets-economiques-des-femmes-de-la-vallee-du-fleuve-senegal-et-du-bassin-arachidier>

⁷⁷ https://www.aecid-senegal.sn/?wpfb_dl=256

⁷⁸ Pascal Sagna, Ousmane Ndiaye, Cheikh Diop, Aïda Diongue Niang, Pierre Corneille Sambou (2015). Les variations récentes du climat constatées au Sénégal sont-elles en phase avec les descriptions ? Pollution Atmosphérique N°227 – Octobre-décembre 2015, pp 1-17.

Figure 14. Evolution interannuelle de 1951 à 2019 des températures minimales moyennes annuelles (°C) à Saint-Louis, Podor, Matam et Bakel.

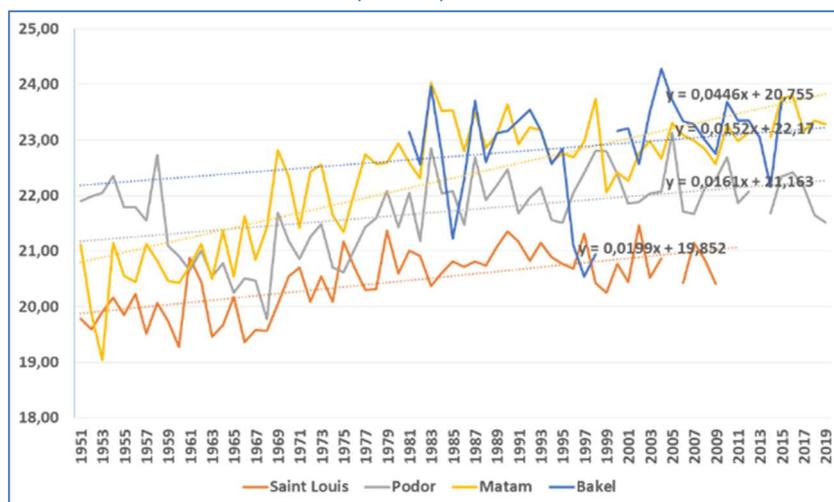
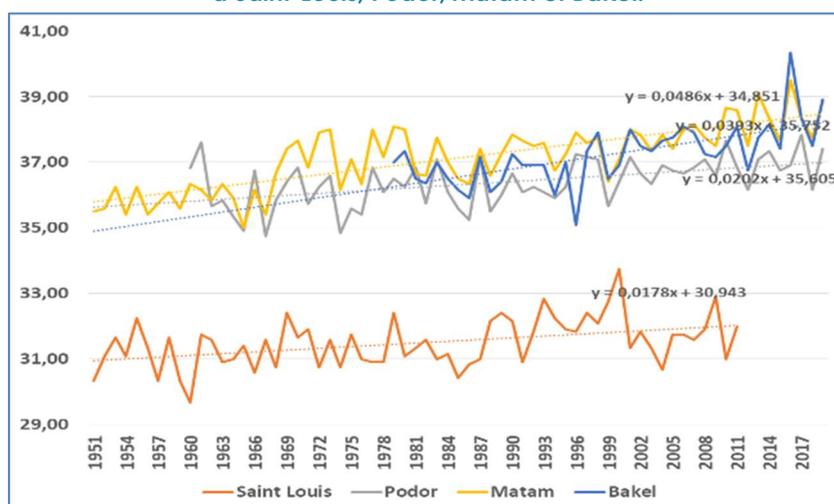


Figure 15. Evolution interannuelle de 1951 à 2019 des températures maximales moyennes annuelles (°C) à Saint-Louis, Podor, Matam et Bakel.



Les T_n et T_x sont désormais plus élevées que celles de l'époque de référence (1950-1980) de 1 à 2°C au minimum, que ce soit à Saint-Louis, Podor, Matam ou Bakel, avec une augmentation significative jusqu'à 2 à 3°C à Podor de septembre à décembre et de mars à avril. En plus, les mois de février à avril et de juillet à septembre, qui correspondent aux saisons agricoles dans la VFS, sont devenus de plus en plus chauds (Baldé *et al.*, 2014⁷⁹ ; Djaman *et al.*, 2016⁸⁰). Le climat actuel (2001-2012) est donc différent de celui de la période de référence à l'établissement des recommandations de fenêtres de semis.

Changements climatiques observés au niveau des précipitations

La VFS, qui est une zone très sensible à la variation du climat, a été marquée par des périodes de sécheresse entre 1940-1942, des années 1950-60 humides puis à nouveau des années 1970-80 sèches (Figure 16). Les cumuls pluviométriques annuels ont baissé de l'ordre de 30% entre les années 1950-60 humides et les années sèches 1970-80. Cette baisse a entraîné l'apparition de l'isohyète 200 mm à

⁷⁹ Balde A. B., Müller B., Ndiaye O., Stuerz S., Sow A., Diack B. S. (2014). Changement climatique dans la vallée du fleuve Sénégal : implications sur les systèmes de culture du riz irrigué. XXVIIe Colloque de l'Association Internationale de Climatologie. 2-5 juillet 2014 – Dijon (France).

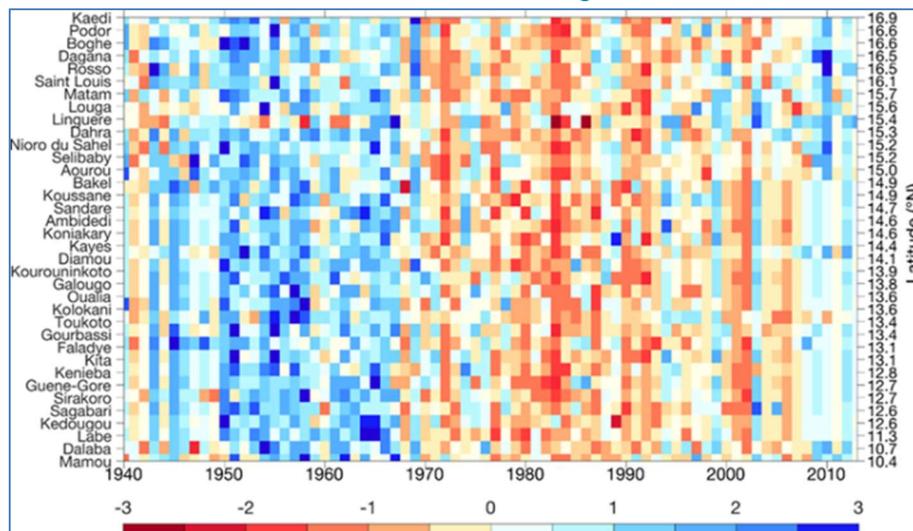
⁸⁰ Koffi Djaman, Alpha B. Balde, Daran R. Rudnick, Ousmane Ndiaye and Suat Irmak (2016). Long-term trend analysis in climate variables and agricultural adaptation strategies to climate change in the Senegal River Basin. *Int. J. Climatol.* 37: 2873–2888.

l'extrême nord du Sénégal, montrant ainsi une tendance à un climat saharien dans l'extrême Nord de la VFS (CSE, 2018).

Sur la période 1940-2013, l'évolution de la pluviométrie annuelle montre selon le test Man Kendall une tendance à la baisse significative des totaux pluviométriques annuels, hormis Bakel qui présente une tendance à la hausse mais non significative avec un seuil de 5%. Au total, sur 74 ans, les stations de Saint-Louis, Dagana, Podor, Matam et Bakel ont successivement enregistré 28, 31, 28, 28 et 26 années déficitaires. Toutefois, on note un retour à des conditions pluviométriques favorables dans les années 2000 et une diminution du nombre de jours de pluie (Gaye, 2017)⁸¹. En revanche, on note une tendance à la hausse de l'intensité quotidienne moyenne pour des événements pluvieux supérieurs ou égaux à 1 mm par jour, qui est significative pour des stations comme Saint-Louis et Bakel (Diouf, 2019). En outre, les séries pluviométriques ne sont pas stationnaires et des ruptures sont présentes dans toutes les stations. La première se situe en moyenne autour de l'année 1969 alors qu'il y a une dispersion significative du second point de changement des pluies entre 1994 et 1984 (Bodian *et al.*, 2019⁸² ; Ba *et al.*, 2018⁸³).

S'agissant de la période actuelle, qui va du milieu années 1990 jusqu'à nos jours, elle est marquée par une brusque alternance d'années sèches et humides (Bodian, 2014). Ce nouveau mode de variabilité des pluies coïncide avec la période de l'intensification du réchauffement climatique.

Figure 16. Evolution des anomalies des cumuls pluviométriques annuels de 1940 à 2013 dans le bassin versant du fleuve Sénégal.



Cette période est également associée à une recrudescence de phénomènes météorologiques extrêmes (sécheresses, inondations, vagues de chaleur) dans la VFS et au Sahel en général. Enfin, les dates de débuts de saison sont devenues tardives, avec une tendance statistiquement significative au seuil de 5%. En revanche, les dates de fin de saison des pluies sont devenues plus précoces mais la tendance n'est pas significative (Diouf, 2019). Dans l'extrême Nord (Delta et Sud et Nord de la Moyenne Vallée),

⁸¹ Gaye D. (2017). Suivi de la pluviométrie au Nord-Sénégal de 1954 à 2013 : étude de cas des stations synoptiques de Matam, Podor et Saint-Louis, Norois [En ligne], 244.

⁸² Ansoumana Bodian, Lamine Diop, Jeremy Panthou, Honoré Dacosta, Abdoulaye Deme, Alain Dezetter, Pape Malick Ndiaye, Ibrahima Diouf and Théo Vischel (2019). Recent Trend in Hydroclimatic Conditions in the Senegal River Basin. *Water* 2020, 12, 436.

⁸³ Djibrirou Daouda Ba, Papa Malick Ndiaye, Cheikh Faye (2018). Variabilité pluviométrique et évolution de la sécheresse climatique dans vallée du fleuve Sénégal. *Etudes togolaises, Revue Togolaise des Sciences*, Vol 12, n°1 – Janvier-juin 2018, pp 57-71.

la durée moyenne de la saison est désormais inférieure à 70 jours, ce qui explique en grande partie la disparition progressive de la culture du mil au profit du niébé et de la pastèque.

3.2 Projections climatiques par zone agroécologique

3.2.1 Projections climatiques pour la Vallée du fleuve Sénégal

Les projections climatiques dans la VFS sont analysées par zone agro-écologique et dans le Haut Bassin en tant que région source du fleuve Sénégal. Par ailleurs, l'analyse fait un focus sur les indicateurs climatiques standards (températures et précipitations) ainsi que sur les indicateurs liés aux extrêmes climatiques tels que le nombre de jours très chauds ($T_{max} > 40^{\circ}\text{C}$) et le nombre de nuits chaudes ($T_{min} > 20^{\circ}\text{C}$).

Températures maximales et minimales

Aux horizons 2035 et 2050, les températures maximales et minimales (Figure 17 et Figure 18) vont connaître une augmentation par rapport aux valeurs de la période de référence 1986-2005 quel que soit le scénario et la zone agroécologique. A l'horizon 2035, les températures maximales et minimales augmenteraient de $+0.8^{\circ}\text{C}$ [$+0.3^{\circ}\text{C}$ à $+1.4^{\circ}\text{C}$] dans le Delta à $+1.2^{\circ}\text{C}$ [$+0.4^{\circ}\text{C}$ à $+2^{\circ}\text{C}$] dans la Moyenne et Haute Vallée. On notera que la différence de température entre les scénarios RCP4.5 et RCP8.5 est très faible dans chacune des zones agroécologiques (de l'ordre de 0.1°C à 0.2°C) en raison de l'inertie de la réponse du système climatique aux émissions de gaz à effet de serre à cet horizon temporel. A l'horizon 2050 :

- Scénario RCP4.5 : les températures maximales et minimales augmenteront de l'ordre de $+1.2^{\circ}\text{C}$ [$+0.7^{\circ}\text{C}$ à $+2.2^{\circ}\text{C}$] dans le Delta à $+1.6^{\circ}\text{C}$ [$+0.6^{\circ}\text{C}$ à $+2.7^{\circ}\text{C}$] dans la Moyenne et Haute Vallée.
- Scénario RCP8.5 : l'augmentation des températures maximales et minimales est de l'ordre de $+1.7^{\circ}\text{C}$ [$+1.0^{\circ}\text{C}$ à $+2.7^{\circ}\text{C}$] dans le Delta à $+2.2^{\circ}\text{C}$ [$+1.0^{\circ}\text{C}$ à $+3.2^{\circ}\text{C}$] dans la Moyenne et Haute Vallée.

Précipitations annuelles cumulées

Les variations du cumul pluviométrique annuelles cumulées (%) (Figure 19 et Figure 20) pourraient diminuer par rapport à la période de référence 1986-2005 quels que soient les horizons (2035 ou 2050), les deux scénarios climatiques (RCP 4.5 et RCP 8.5) et les sources des projections climatiques considérées (projections du CCKP et du portail CLIMAP) :

- 2035 : la baisse des précipitations serait plus marquée dans la Haute Vallée par rapport à la zone du Delta, avec une diminution de l'ordre de -3.5% et une incertitude allant de $[-29\%$ à $+21\%]$ contre -2% [-30% à $+28\%]$ respectivement (Figure 19). Les projections du CLIMAP (Figure 20) affichent une baisse encore plus forte de l'ordre de -7% pour la moyenne d'ensemble des modèles climatiques.
- 2050 : ces diminutions seraient plus importantes de l'ordre de -5% [-37% à $+42\%]$ pour le scénario RCP8.5 impactant plus fortement la Haute Vallée, pour le CCKP, et de l'ordre de -10% pour le CLIMAP.

NB : Les projections de précipitations présentent de fortes incertitudes et ne sont pas cohérentes au regard de l'évolution pluviométrique actuelle marquée par une tendance à un retour à des conditions

pluviométriques bien meilleures. Le 5^{ème} rapport du GIEC a déjà mentionné que le niveau de confiance des projections de précipitations en Afrique de l'Ouest est faible à moyen. Ces grandes tendances de la pluviométrie future sont conçues afin d'aider les acteurs et les parties prenantes à réfléchir et à prendre des décisions. Il convient toutefois de les exploiter avec beaucoup de prudence.

Températures diurnes et nocturnes extrêmes

Les différentes zones agroécologiques seront sensibles aux variations du nombre de jours très chauds où la température maximale est supérieure à 40°C. Celle-ci augmenterait dans toutes les zones par rapport à la période de référence quels que soient les horizons et les scénarios climatiques (Figure 21). Cette augmentation passerait de 30 jours environ par an en 2035 pour le scénario RCP 4.5 à plus de 80 jours en 2050 pour le scénario plus pessimiste dans la Moyenne et la Haute Vallée. Du fait de l'influence océanique dans le Delta, ce nombre de jour où la température > 40°C serait de 4 à 7 jours en 2035 respectivement pour le scénario RCP 4.5 et RCP8.5. En 2050, ce nombre passera de 7 à 15 jours.

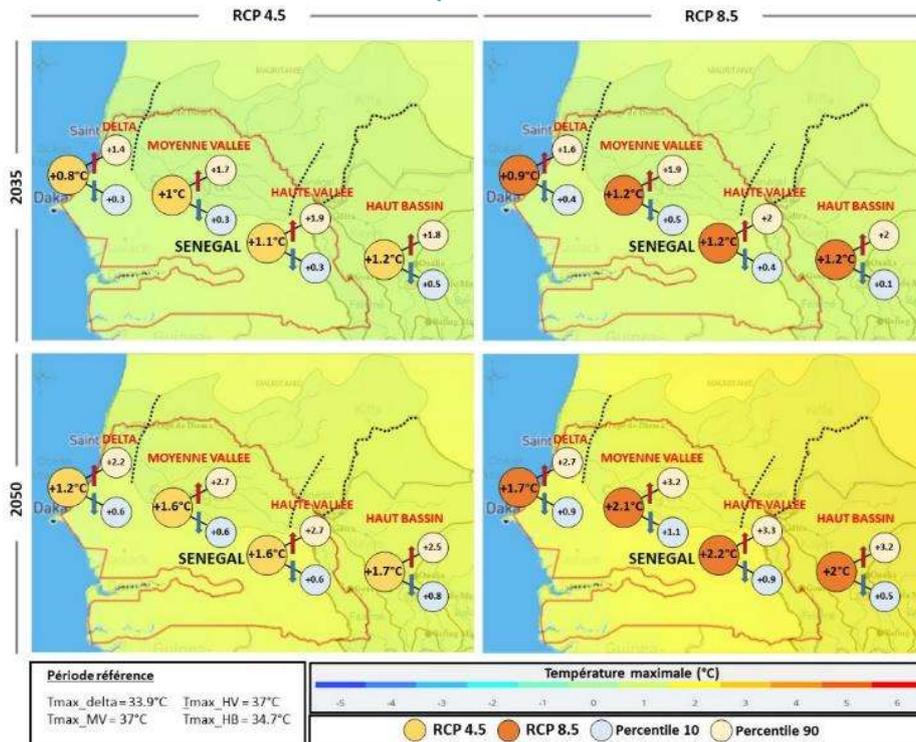
En 2050, la Moyenne Vallée et le Haut Bassin pourraient subir au minimum une augmentation du nombre de jours très chauds sur près d'un tiers de l'année dans le cas des valeurs projetées à maxima par 90% des modèles pour les deux scénarios, augmentation pouvant atteindre près de la moitié de l'année dans la Haute Vallée pour le scénario RCP 8.5 (+172 jours très chauds). A cela s'ajouterait une augmentation globale du nombre de jours avec des températures nocturnes minimales supérieures à 20°C (Figure 22) :

- En 2035, une augmentation médiane d'une vingtaine de jours par an serait à attendre dans toutes les zones agroécologiques quel que soit le scénario climatique, excepté dans le Delta avec près de +40 jours par an pour le scénario RCP 8.5.
- En 2050, la zone du Delta resterait toujours celle la plus touchée avec une augmentation du nombre de jours projetée à +55 jours [-15 jours à +93 jours] et +74 jours [+12 jours à +112 jours] par an pour les scénarios RCP 4.5 et RCP 8.5 respectivement. Les autres zones d'études subiraient quant à elle une augmentation du nombre de jours d'un facteur 1,4 pour le scénario RCP 4.5, et d'un facteur 1,8 dans le cas du RCP 8.5.

L'impact des températures extrêmes sur les sols serait à combiner avec celui des précipitations extrêmes. Les variations projetées des précipitations maximales cumulées sur 1 jour (Figure 23) fluctuent autour de zéro quels que soient les horizons et scénarios climatiques, la zone du Delta affichant un déficit pour chaque horizon et scénario climatique. En revanche, la fourchette d'incertitudes évoluerait entre 8 mm environ à presque 16 mm du Delta au Haut Bassin respectivement. L'incertitude serait donc plus faible sur la zone côtière quels que soient les horizons et scénarios climatiques. Les variations des précipitations maximales cumulées sur 5 jours sont similaires à celles cumulées sur 1 jour, à savoir : (i) une fluctuation des valeurs médianes autour de zéro pour chacun des horizons et scénarios climatiques ; (ii) une dispersion des variations plus grande à mesure que l'on s'éloigne de la côte, l'incertitude allant d'une vingtaine de millimètres dans la zone du Delta à environ 40 mm dans le Haut Bassin.

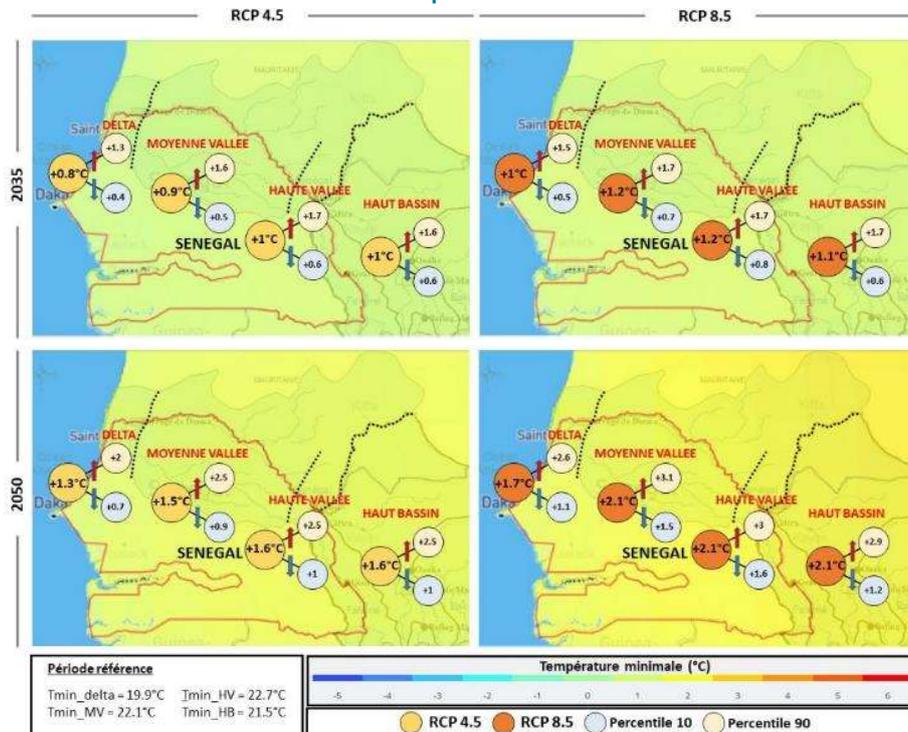
Globalement, la valeur médiane de l'indice de sécheresse ou indice standard précipitation évapotranspiration (SPEI) sera négative quels que soient les horizons, les scénarios climatiques et les zones agroécologiques (Figure 24). La sécheresse serait alors plus prononcée à l'intérieur des terres, en particulier dans les Moyenne et Haute vallées.

Figure 17. Variations des températures maximales médianes en °C aux horizons 2035 et 2050 pour les scénarios climatiques RCP 4.5 et RCP 8.5.



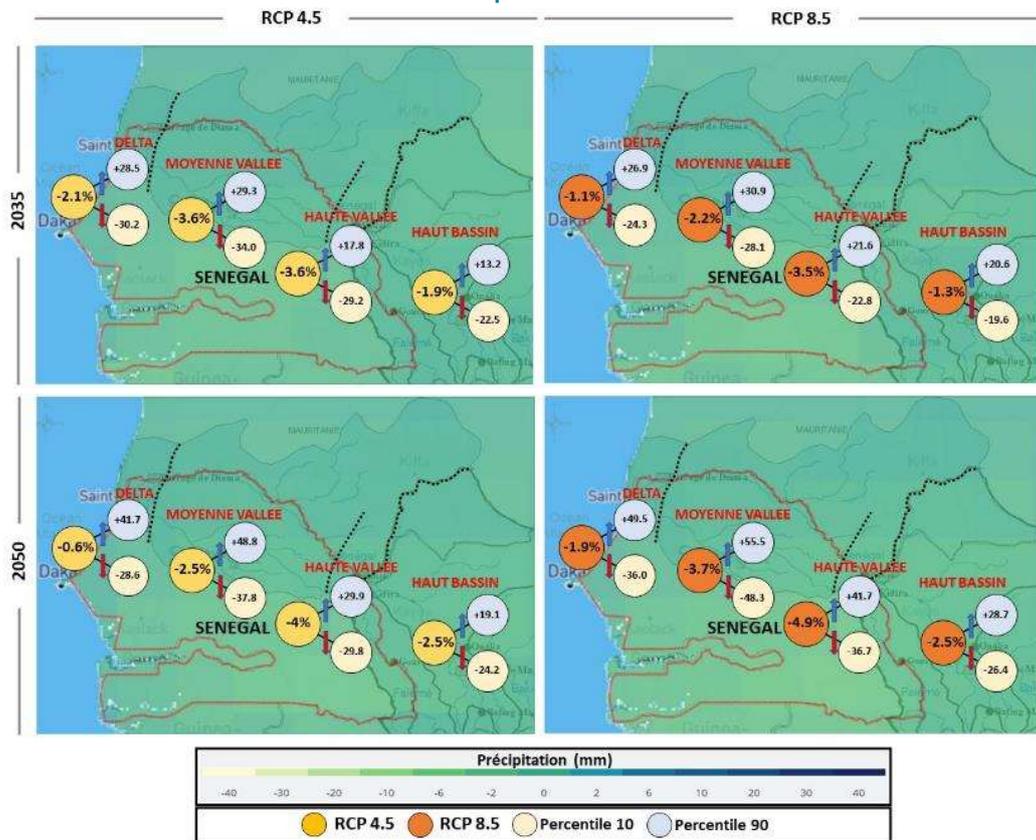
Données simulées par 16 modèles climatiques globaux de l'expérience CMIP5 par rapport à la période de référence 1986-2005 (CCKP). Les incertitudes sont représentées par les 10^{ème} et 90^{ème} percentiles.

Figure 18. Variations des températures minimales médianes en °C aux horizons 2035 et 2050 pour les scénarios climatiques RCP 4.5 et RCP 8.5.



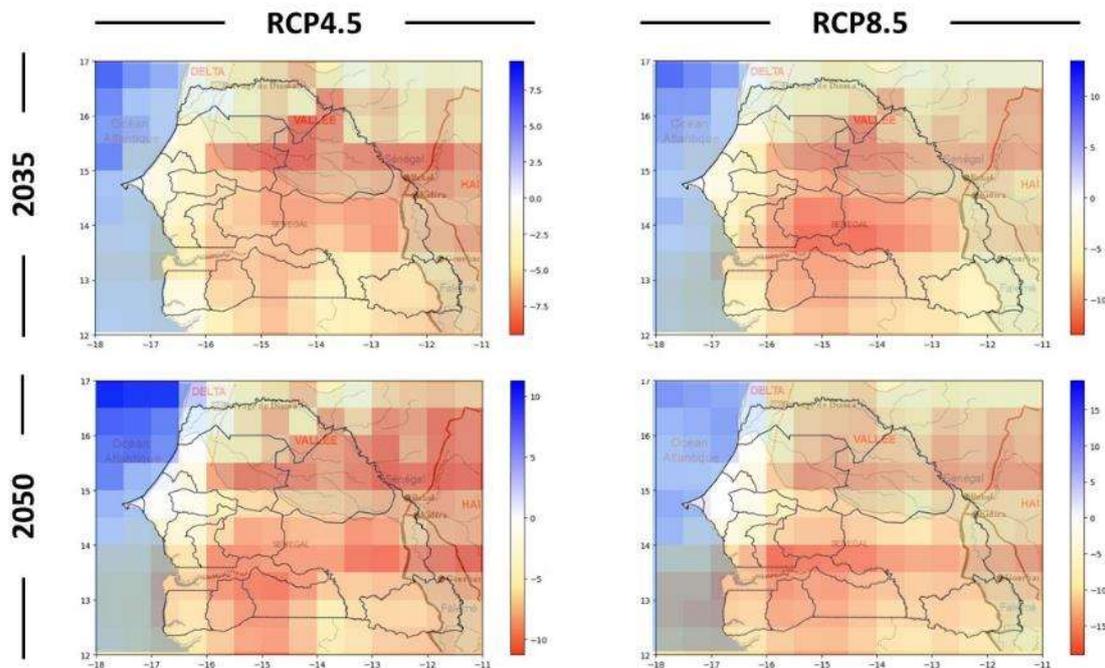
Données simulées par 16 modèles climatiques globaux de l'expérience CMIP5 par rapport à la période de référence 1986-2005 (CCKP). Les incertitudes sont représentées par les 10^{ème} et 90^{ème} percentiles.

Figure 19. Variations des précipitations annuelles cumulées en % aux horizons 2035 et 2050 pour les scénarios climatiques RCP 4.5 et RCP 8.5.



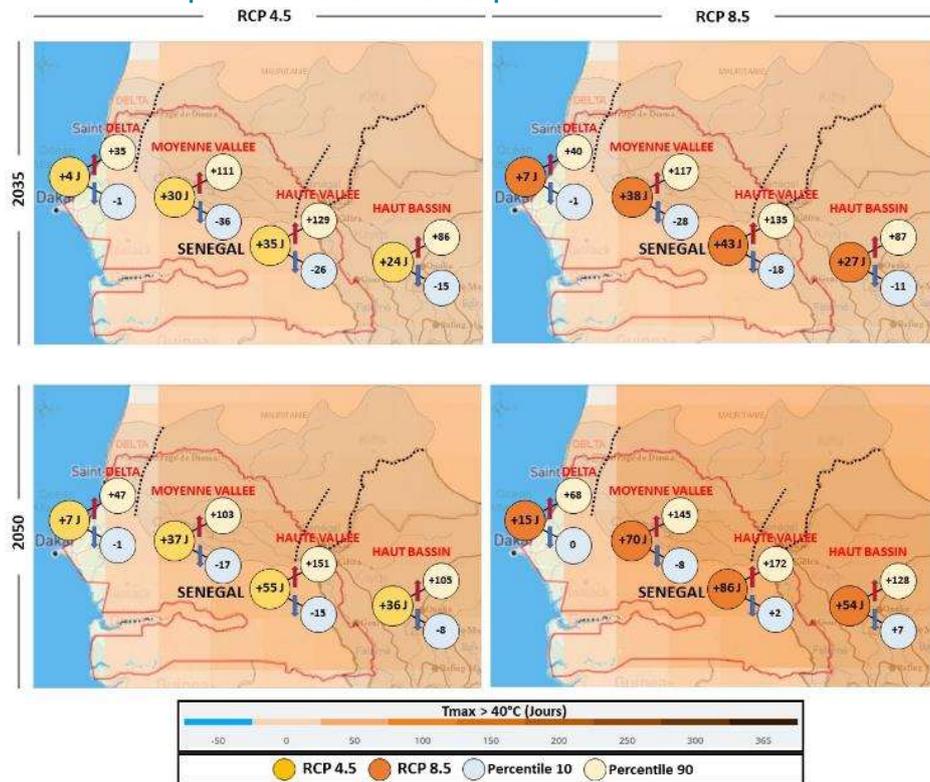
Données simulées par 16 modèles climatiques globaux de l'expérience CMIP5 par rapport à la période de référence 1986-2005 (CCKP). Les incertitudes sont représentées par les 10^{ème} et 90^{ème} percentiles.

Figure 20. Variations des précipitations annuelles cumulées en % aux horizons 2035 et 2050 pour les scénarios climatiques RCP 4.5 et RCP 8.5.



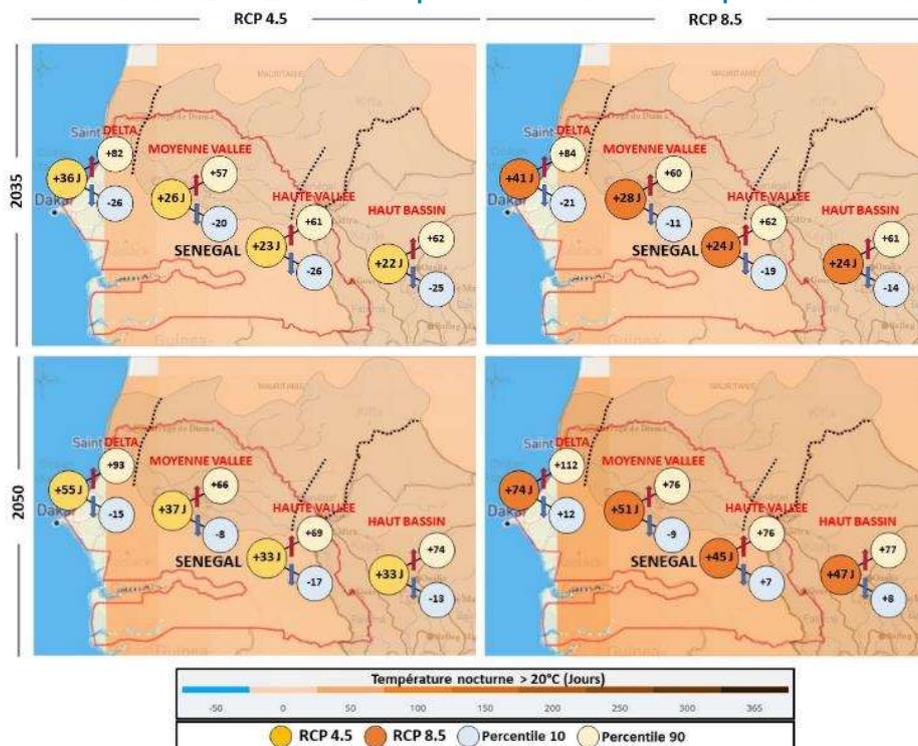
Données simulées par 29 modèles climatiques globaux de l'expérience CMIP5 par rapport à la période de référence 1986-2005 (CLIMAP).

Figure 21. Variations du nombre de jours très chaud où Tmax > 40°C en jours aux horizons 2035 et 2050 pour les scénarios climatiques RCP 4.5 et RCP 8.5.



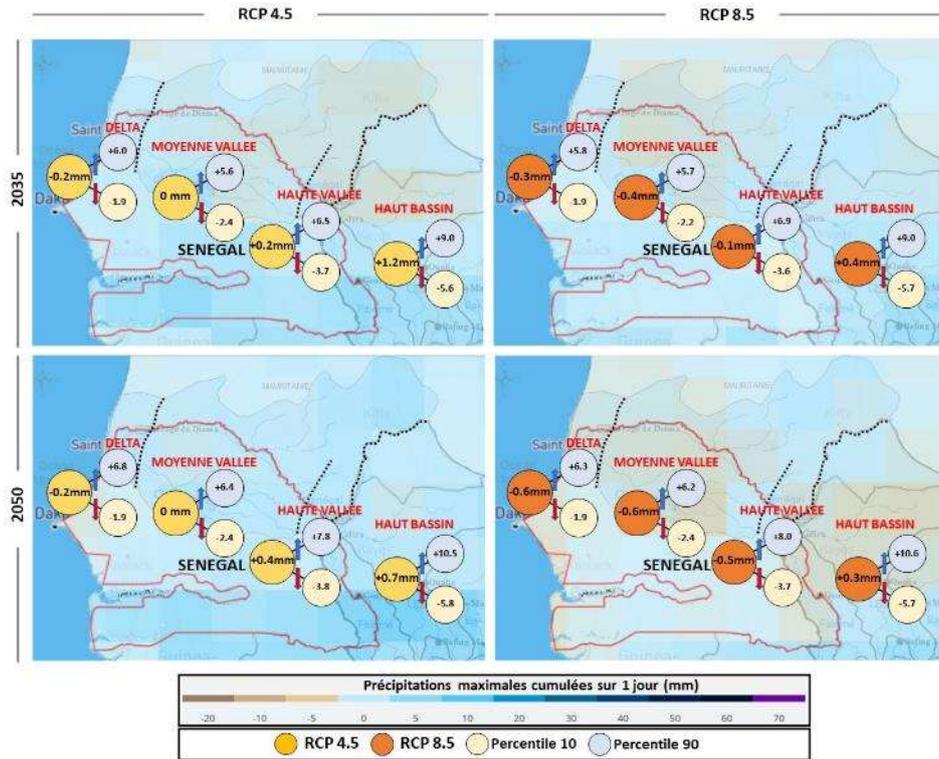
Données simulées par 32 modèles climatiques globaux de l'expérience CMIP5 par rapport à la période de référence 1986-2005 (CCKP). Les incertitudes sont représentées par les 10^{ème} et 90^{ème} percentiles.

Figure 22. : Variations du nombre de jours avec des températures nocturnes minimales supérieures à 20°C en Jours aux horizons 2035 et 2050 pour les scénarios climatiques RCP 4.5 et RCP 8.5.



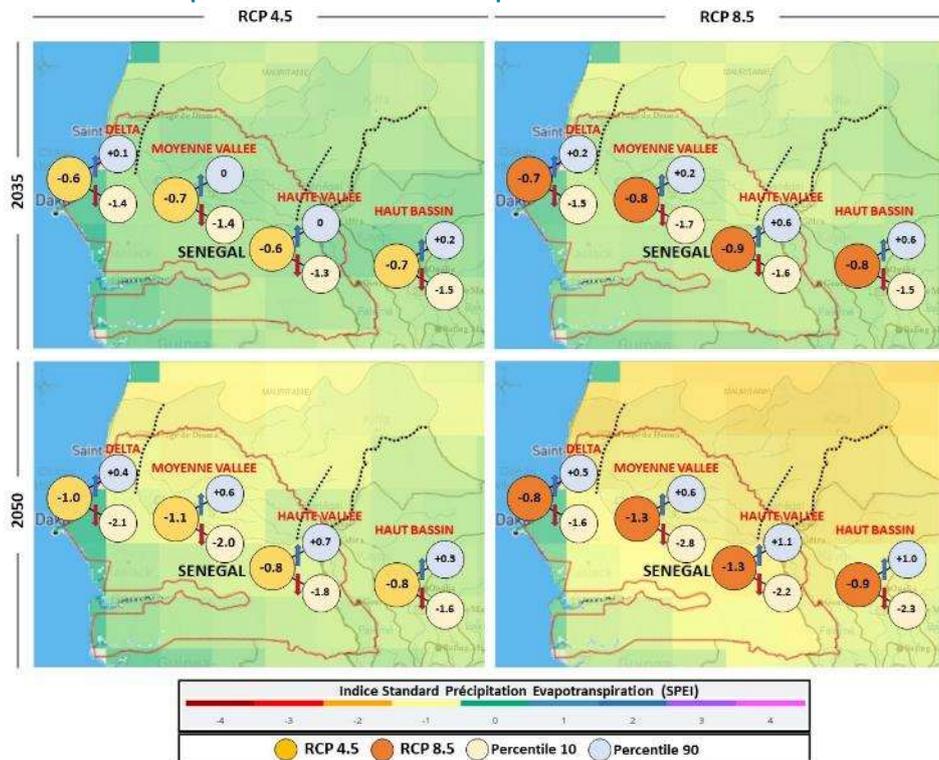
Données simulées par 32 modèles climatiques globaux de l'expérience CMIP5 par rapport à la période de référence 1986-2005. Les incertitudes sont représentées par les 10^{ème} et 90^{ème} percentiles.

Figure 23. Variations des précipitations maximales cumulées sur 1 jour en mm aux horizons 2035 et 2050 pour les scénarios climatiques RCP 4.5 et RCP 8.5.



Données simulées par 32 modèles climatiques globaux de l'expérience CMIP5 par rapport à la période de référence 1986-2005. Les incertitudes sont représentées par les 10^{ème} et 90^{ème} percentiles.

Figure 24. Variations de la moyenne du bilan hydrique cumulé sur 12 mois, en tenant compte de l'évapotranspiration (SPEI ou Indice Standard Précipitation Evapotranspiration) aux horizons 2035 et 2050 pour les scénarios climatiques RCP 4.5 et RCP 8.5.



Données simulées par 32 modèles climatiques globaux de l'expérience CMIP5 par rapport à la période de référence 1986-2005 (CKCP). Les incertitudes sont représentées par les 10^{ème} et 90^{ème} percentiles.

3.2.2 Projections climatiques mensuelles par zone agro-écologique du Delta et des Moyenne et Haute Vallées

Températures maximales et minimales

Quelle que soit le scénario et la zone considérée, les températures maximales et minimales augmenteraient d'au moins 1°C à l'horizon 2035, pouvant s'approcher des 1,5°C en Moyenne et Haute Vallées. Cette augmentation est plus marquée pour les températures minimales pendant la saison sèche dans Moyenne Vallée. A l'horizon 2050, des augmentations de 1,2°C à 1,6°C et de 1,5°C à 2,5°C seraient globalement attendues pour les scénarios RCP4.5 et RCP8.5 respectivement. Les plus faibles augmentations seront enregistrées pendant l'hivernage.

Il est à noter une dispersion plus importante des températures maximales pendant la période d'hivernage, relatant une plus grande incertitude quant à la tendance climatique de ces températures au cours de cette saison, en particulier au mois de septembre. A mesure que l'on s'approche de la zone côtière dans le Delta, la fourchette des incertitudes se resserre, affichant des variations plus probables autour de la valeur médiane.

Précipitations annuelles cumulées

La tendance serait à la baisse au cours de l'hivernage, avec un pic de déficit au mois d'août quels que soient les zones, horizons et scénarios et sources des données considérées. Par exemple, dans le cas le plus pessimiste, le déficit de précipitation en août 2050 par rapport à la période de référence serait :

- Zone du Delta : -2,4 mm, soit -2,2% pour le CCKP, et environ -12mm, soit -12% pour le CLIMAP ;
- Zone de la Moyenne Vallée : -4 mm, soit -4,2% pour le CCKP, et environ -25mm, soit -25% pour le CLIMAP ;
- Zone de la Haute Vallée : -12 mm, soit -7% pour le CCKP, et environ -50mm, soit -29% pour le CLIMAP.

Ainsi, au fur et à mesure de l'avancée à l'intérieur des terres, le déficit de précipitation serait donc plus important, en particulier au cœur de l'hivernage.

Températures extrêmes

Globalement, le nombre de jours où la température maximale est supérieure à 40°C ($T_{max} > 40^{\circ}C$) pourrait augmenter significativement à certaines périodes de l'année quelles que soient les zones agroécologiques (cf. Figure 25).

Dans la Moyenne et Haute Vallée, les nombres de jours très chauds seraient maximum au cours des mois de mars, juillet et octobre, allant d'une augmentation de plus de 5 jours en 2035 à plus de 10 jours en 2050 dans le cas du scénario RCP8.5. Cette augmentation resterait plus modérée dans la zone du Delta, avec des maxima en avril et octobre de +1,5 jours en 2035 à +4 jours en 2050 pour le scénario le plus pessimiste. A noter par exemple que le 10^{ème} percentile du nombre de jour très chaud au mois de mars dans la Haute Vallée en 2050 augmenterait de +1 jour à +5 jours pour les scénarios RCP4.5 et RCP8.5 respectivement. Il y est donc très probable que cette région subisse de plus fortes chaleurs à cette période de l'année.

Les tendances mensuelles du nombre de jours avec des températures nocturnes minimales supérieures à 20°C seraient à la hausse pendant la saison sèche dans chacune des zones agro-écologiques, en particulier avec des maxima en mars et novembre dans les zones du Delta et de la Moyenne et en février et novembre dans la Haute Vallée. Dans les zones de la Moyenne et Haute Vallée, cette augmentation varierait sur une plage de +6 jours en moyenne en 2035 pour les deux scénarios climatiques à au moins +10 jours en 2050 (+14 jours dans la zone du Delta) dans le cas RCP8.5.

En ce qui concerne les indicateurs de précipitations extrêmes (cumulées sur 1 jour et 5 jours), les extrema saisonniers seraient observés pour les mois d'août et de septembre. Quels que soient les scénarios et horizons climatiques, on observe des écarts quasi constants entre les 10^{ème} et 90^{ème} percentiles. A noter cependant une tendance à la baisse des valeurs médianes projetées pour le scénario RCP8.5, avec un déficit près de deux fois plus important en 2050 par rapport à 2035.

Figure 25. Extrema saisonniers des indicateurs climatiques extrêmes dans le Delta (haut), la Moyenne Vallée (milieu) et la Haute Vallée (bas).

Notation : médiane (10^{ème} percentile / 90^{ème} percentile).

	Indicateurs climatiques extrêmes	Extremum saisonnier	Scénarios	Horizon 2035	Horizon 2050
DELTA	Nombre de jours Tmax>40°C	Avril	RCP4.5	+1,2 (-0,1/+9)	+1,7 (0/+13)
			RCP8.5	+1,4 (-0,1/+9)	+3 (+0,2/+11)
		Octobre	RCP4.5	+0,5 (-0,2/+6)	+1,5 (-0,2/+8)
			RCP8.5	+1,3 (-0,2/+6)	+4 (0/+10)
	Nombre de jours Tmin nuit >20°C	Mars	RCP4.5	+5,5 (-1,5/+14)	+10 (+1/+13)
			RCP8.5	+6,5 (-0,5/+14)	+14 (+5/+19)
		Novembre	RCP4.5	+8 (-6/+14)	+10 (-7/+16)
			RCP8.5	+9 (-3/+14)	+14 (-2/+17)
	Précipitations maximales cumulées sur 1 jour (mm)	Août	RCP4.5	-2,5 (-4/+17)	0 (-4/+20)
			RCP8.5	-1,5 (-4/+17)	-2 (-4/+20)
		Septembre	RCP4.5	+0,3 (-8/+17)	-3 (-8/+16)
			RCP8.5	-1,5 (-8/+13)	-3,5 (-8/+16)
Précipitations maximales cumulées sur 5 jour (mm)	Août	RCP4.5	+0,4 (-15/+40)	-2 (-14/+41)	
		RCP8.5	-3 (-14/+41)	-7 (-15/+41)	
	Septembre	RCP4.5	+2 (-18/+44)	+0,8 (-18/+45)	
		RCP8.5	-0,1(-18/+45)	-4 (-17/+37)	
MOYENNE VALLEE	Nombre de jours Tmax>40°C	Mars	RCP4.5	+5,5 (-2/+13)	+5 (0/+11)
			RCP8.5	+5 (-1/+13)	+10 (+4/+16)
		Juillet	RCP4.5	+2 (-4/+17)	+2 (-2/+15)
			RCP8.5	+4 (-3/+18)	+7 (-1/+20)
		Octobre	RCP4.5	+6 (-8/+12)	+7 (-4/+11)
			RCP8.5	+7 (-6/+13)	+12 (-4/+17)
	Nombre de jours Tmin nuit >20°C	Mars	RCP4.5	+6 (-4/+12)	+8 (-2,5/+13)
			RCP8.5	+6 (-2,5/+11,5)	+10 (+3/+13)
		Novembre	RCP4.5	+6 (-6/+11)	+8 (-4/+13)
			RCP8.5	+7 (-2/+12)	+11 (-1/+14)
	Précipitations maximales cumulées sur 1 jour (mm)	Août-Septembre	RCP4.5	-0,3 (-7/+15)	-0,7 (-7/+15)
			RCP8.5	-1 (-7/+15)	-2,5 (-7/+18)
Précipitations maximales cumulées sur 5 jour (mm)	Août-Septembre	RCP4.5	-0,2 (-14/+42)	-1,5 (-14/+42)	
		RCP8.5	-2,5 (-14/+42)	-5 (-14/+40)	
HAUTE VALLEE	Nombre de jours Tmax>40°C	Mars	RCP4.5	+7 (-3/+17)	+9 (+1/+18)
			RCP8.5	+5,5 (-2/+16)	+11 (+5/+18)
		Juillet	RCP4.5	+3,5 (-3/+20)	+5 (-2/+21)
			RCP8.5	+5 (-2/+20)	+10 (-0,5/+23)
		Octobre	RCP4.5	+7 (-5/+14)	+10 (-5/+18)
			RCP8.5	+8 (-4/+15)	+14 (-3,5/+21)
	Nombre de jours Tmin nuit >20°C	Février	RCP4.5	+5 (-2,5/+15)	+8 (-2/+16)
			RCP8.5	+5 (-3/+14)	+10 (+3/+17)
		Novembre	RCP4.5	+5,5 (-4/+12)	+8 (-6/+13)
			RCP8.5	+7 (-3,5/+13)	+11 (-1/+14)
	Précipitations maximales cumulées sur 1 jour (mm)	Août-Septembre	RCP4.5	+0,3 (-10/+16)	+1 (-10/+17)
			RCP8.5	0 (-10/+16)	-2 (-8/+20)
Précipitations maximales cumulées sur 5 jour (mm)	Août-Septembre	RCP4.5	+2 (-22/+46)	+2 (-21/+40)	
		RCP8.5	-3 (-20/+41)	-6 (-21/+40)	

3.2.3 Projections climatiques mensuelles dans la zone du Haut Bassin

Températures maximales et minimales

Les variations mensuelles des températures maximales et minimales dans la zone du Haut Bassin suivraient sensiblement les mêmes tendances que dans les zones agroécologiques aux horizons 2035 et 2050 pour les scénarios climatiques RCP 4.5 et RCP 8.5, soit :

- Horizon 2035 : une augmentation d'au moins 1°C, pouvant s'approcher des 1,5°C en fin d'année au début de la saison sèche ;
- Horizon 2050 : des augmentations de 1,2°C à 2°C et de 1,5°C à 2,5°C seraient attendues pour les scénarios RCP4.5 et RCP8.5 respectivement, l'augmentation minimale ayant lieu pendant l'hivernage.

Précipitations annuelles cumulées

Des tendances à la baisse des précipitations annuelles cumulées sont projetées au mois d'août, avec environ -3% (CCKP) et -9% (CLIMAP) en 2035 pour le RCP4.5, allant jusqu'à -5% (CCKP) et -16% (CLIMAP) en 2050 pour le RCP8.5. A contrario, une augmentation de ces précipitations est projetée au mois de septembre pour le CCKP allant de plus de +2,5% en 2035 pour le RCP4.5 à près de +5% en 2050 pour le scénario le plus pessimiste.

Températures extrêmes

Le nombre de jours très chauds augmenterait significativement à certaines périodes de l'année quel que soit le scénario climatique considéré :

- 2035 : +7 jours en moyenne sur les mois de mars, avril et mai ;
- 2050 : +13 jours en moyenne pour le scénario RCP8.5.

A cela s'ajouterait une augmentation du nombre de jours avec des températures nocturnes minimales supérieures à 20°C. L'impact du réchauffement climatique serait d'autant plus perceptible au mois de mars et novembre où des augmentations de l'ordre de +6 jours et +8 jours sont respectivement projetées en 2035. L'influence du scénario climatique se fait ressentir en 2050 avec une hausse maximale de +10 jours pour le RCP4.5 à +14 jours pour le RCP8.5 pour ces deux mois de l'année. A noter qu'en mars 2050, le 10^{ème} percentile est positif avec au moins une hausse de +1 jour pour le RCP4.5 et +5 jours pour le RCP8.5 (cf. Figure 26). Il est donc très probable que cette région subisse de plus fortes chaleurs en cette période de l'année.

Concernant les indicateurs de précipitations extrêmes cumulés sur 1 jour et 5 jours, une tendance à la hausse des valeurs médianes se dégagerait à la fin de l'hivernage en septembre. L'augmentation la plus significative aurait lieu dans le cas du scénario RCP4.5 avec +3 mm sur 1 jour et de l'ordre de +9 mm sur 5 jours, valeurs restant sensiblement stationnaires entre 2035 et 2050. Quels que soient les scénarios et horizons climatiques, on observe globalement des écarts quasi constants entre les 10^{ème} et 90^{ème} percentiles pour chacun des indicateurs de précipitations extrêmes.

Figure 26. Extrema saisonniers des indicateurs climatiques extrêmes dans la zone du Haut Bassin.

Indicateurs climatiques extrêmes		Extremum saisonnier	Scénarios	Horizon 2035	Horizon 2050
HAUT BASSIN	Nombre de jours Tmax>40°C	Mars-Avril-Mai	RCP4.5	+7 (-5/+17)	+10 (-3/+19)
			RCP8.5	+7 (-4/+17)	+13 (+2/+20)
	Nombre de jours Tmin nuit >20°C	Mars	RCP4.5	+5,5 (-1,5/+14,5)	+10 (+1/+13)
			RCP8.5	+6,5 (-0,5/+14)	+14 (+5/+19)
		Novembre	RCP4.5	+8 (-6/+14)	+10 (-7/+16)
			RCP8.5	+9 (-3/+15)	+14 (-3/+18)
	Précipitations maximales cumulées sur 1 jour (mm)	Septembre	RCP4.5	+3 (-10/+16)	+2,5 (-9/+21)
			RCP8.5	+2 (-10/+16)	+2 (-10/+22)
	Précipitations maximales cumulées sur 5 jour (mm)	Juillet	RCP4.5	-3 (-32/+49)	-3 (-34/+55)
			RCP8.5	0 (-31/+50)	-6 (-32/+48)
		Septembre	RCP4.5	+9 (-30/+38)	+8 (-27/+58)
			RCP8.5	+3 (-30/+56)	-1 (-28/+50)

Notation : médiane (10^{ème} percentile / 90^{ème} percentile).

3.3 Perspectives en termes d'évolution des ressources en eau

3.3.1 Les ressources en eau de surface

Les ressources futures dans la Moyenne et Basse Vallée du fleuve Sénégal dépendent à la fois de l'évolution du climat (apports pluviométriques), de la gestion des barrages hydroagricoles actuels et du programme de construction de nouveaux ouvrages sur les affluents du fleuve en amont de Manantali et sur les autres affluents dont le Bakoye et la Falémé en amont de Bakel (Figure 27). En effet, ces différents ouvrages et leur capacité de stockage auront un impact certain sur la gestion de la crue et des basses eaux. L'étude de l'OMVS sur la vulnérabilité montre que la mise en service de quatre ouvrages supplémentaires va créer des contraintes qui conduiraient à une non satisfaction de la demande en eau dans le sous-bassin de Richard-Toll-Diama pour la contre-saison (OMVS, 2018)⁸⁴. Le tableau ci-dessous donne la capacité de stockage des différents ouvrages existants et en projet. L'influence positive de ce surcroît d'ouvrages sera d'augmenter le niveau de l'étiage.

⁸⁴ OMVS (2018). Evaluation de la vulnérabilité du bassin du fleuve Sénégal face aux changements climatiques et élaboration d'un plan pour l'adaptation et le renforcement de la résilience du bassin, ainsi que l'actualisation des modèles de gestion des ressources hydriques, 450 p.

Figure 27. Capacités de stockage des ouvrages existants et en projet de barrages et centrales hydroélectriques sur le bassin du fleuve Sénégal.

Pays	Barrage	Cours d'eau	Capacité de stockage (Mm3)	Puissance installée (MW)	Fonctions	Date de mise en marche
Mali	Manantali	Bafing	11300	200	Hydroélectricité + régulation	1988
	Félou	Sénégal	0 (au fil de l'eau)	70		2016
	Gouina	Sénégal	0 (au fil de l'eau)	140		2017
	Moussala	Bafing	3000	30	Hydroélectricité + régulation	-
	Bindougou	Falémé	2000	49.5	Hydroélectricité + régulation	-
	Boudofora	Bakoye	A déterminer	30	Hydroélectricité + régulation	-
	Maréla	Bakoye	3000	21	Hydroélectricité + régulation	-
Guinée	Badoumbé	Bakoye	10000	70	Hydroélectricité + régulation	-
	Koukoutamba	Bafing	3600	280	Hydroélectricité + régulation	2025
	Boureya	Bafing	5500	160	Hydroélectricité + régulation	2020
Sénégal	Balassa	Bafing	0 (au fil de l'eau)	180	Hydroélectricité	2025
	Gourbassi	Falémé	2100	30	Hydroélectricité + régulation	2025

Source : OMVS., 2018 ; Thiam, 2016.

Les consignes de gestion du barrage de Manantali (dont le contrôle de la crue en saison des pluies, le soutien de l'étiage et la navigation) détermineront les disponibilités en eau dans le bassin fluvial. Ces conditions ont été clairement fixées dans le manuel de gestion de différents ouvrages (Bader, 2014⁸⁵ ; Lamagat et Bader, 2004⁸⁶ ; Pouget et Bader, 2018⁸⁷).

Les différentes études prospectives sur les ressources en eau réalisées sur le bassin du fleuve Sénégal (Figure 28) à l'aide de plusieurs modèles climatiques donnent des résultats qui concluent à une baisse des apports du fleuve Sénégal à différents stations : Sénégal à Bakel (Ardoin-Bardin et al., 2009⁸⁸ ; Mbaye et al., 2015⁸⁹) ; à toutes les stations en amont de Manantali (Bodian et al., 2013⁹⁰) et à Bafing Makana (Bodian et al., 2018⁹¹). A la station de Bafing Makana, en amont du barrage de Manantali, pour l'horizon 2030, les modèles donnent des résultats mitigés, mais on peut retenir le déficit en eau le plus élevé à 7%, avec le modèle MPECH5 (tableau ci-dessous). A l'horizon 2050, ce déficit est estimé à 16% par le même modèle (Bodian et al., 2018).

⁸⁵ Bader J-C. (2014). Actualisation de résultats du POGC concernant le soutien de la crue du fleuve Sénégal par le barrage de Manantali. 48 pages.

⁸⁶ Bader J-C., Lamagat J.-P. (2004). Optimisation de gestion de barrage : le barrage de Manantali sur le fleuve Sénégal = Dam management optimization : the Mantali dam on the Senegal river. Lettre PIGB-PMRC France - Changement Global, 2004, (17), p. 36-441.

⁸⁷ Bader J-C., Pouget J.-C. (2018). Aide à la gestion de réservoirs multi-objectifs dans le bassin du fleuve Sénégal : évaluation multicritères de différents modes. In : Arnaud N. (ed.), Jouve B. (ed.), Müller J.P. (ed.) Systèmes complexes : de la biologie aux territoires. Montpellier.

⁸⁸ Ardoin-Bardin S., Dezetter A., Servat E., Paturel J., Mahé G., Niel H., D. C. (2009). Using general circulation model outputs to assess impacts of climate change on runoff for large hydrological catchments in West Africa. *Hydrological Sciences Journal*, 54(1), 77-89.

⁸⁹ Mbaye M.L., Hagemann S., Haensler A., Stacke T., Gaye A.T., A. A. (2015). Assessment of Climate Change Impact on Water Resources in the Upper Senegal Basin (West Africa). *American Journal of Climate Change*, 4, 77-93.

⁹⁰ Bodian A., Dezetter A., Dacosta H., Ardoin-Bardin S. (2013). Impact du changement climatique sur les ressources en eau du haut bassin du fleuve Sénégal. *Revue de Géographie Du Laboratoire Leïdi*, N° 11, pages 236-251.

⁹¹ Bodian A., Dezetter A., Diop L., Deme A., Djaman K., D. A. (2018). Future Climate Change Impacts on Streamflows of Two Main West Africa River Basins: Senegal and Gambia. *Hydrology* 2018, 5, 21. 18 pages.

Figure 28. Evolution future des ressources en eau à la station du Bafing (en amont du barrage de Manantali) selon plusieurs modèles climatiques et hydrologiques pour différents scénarios d'émission et d'horizons temporels

Auteurs	Bassin	Modèle climatique	Type de modèles	Scénario	Horizons	Modèle hydrologique	Pas de temps	Tendance globale
Ardoin et al. (2009)	Sénégal à Bakel	HadCM3	GCM	A2 (AR3)	2020, 2050 et 2080	GR2M	Mensuel	-27%
Bodian et al. (2013)	Sénégal (Sokotoro, Dakka Saïdou, Bafing Makana)	CSMK3, HadCM3, MPECH5 et NCPCM	GCM	A2 (AR4)	2030, 2060 et 2090	GR2M	Mensuel	-30%
Mbaye et al. (2015)	Sénégal à Bakel	REMO	RCM	RCP 4.5 et RCP 8.5 (AR5)	2085	Max-Planck Institute for Meteorology Hydrological Model	Journalier	-25 à -100%
Bodian et al. (2018)	Sénégal à Bafing Makana	CanESM2, CNRM, CSIRO, HadGEM2CC, HadGEM2-ES, et MIROC5	GCM	RCP 4.5 et RCP 8.5 (AR5)	2050	GR4J	Journalier	-8 à -16%

Les ressources futures dans la zone SAED dépendront également de l'évolution de l'équipement du bassin en barrages et autres ouvrages de rétention, c'est-à-dire du passage de 4 à 8 ouvrages. Dans le contexte actuel, avec quatre ouvrages, et dans le scénario à 8 ouvrages, l'étude de vulnérabilité des ressources en eau, réalisée par l'OMVS (2018), donne les résultats consignés dans la Figure 29.

Figure 29. Volumes des demandes totales et non satisfaites (Mm³/an) actuels et projections aux horizons 2025 et 2075.

	Besoins actuels			Besoins 2025			Besoins 2075	
	Besoins (Mm ³ /an)	Non satisfaction des besoins (Mm ³ /an et %)		Besoins (Mm ³ /an)	Non satisfaction des besoins (Mm ³ /an et %)		Besoins (Mm ³ /an)	Non satisfaction des besoins (Mm ³ /an et %)
		Référence 4 barrages	Référence 8 barrages		Référence 4 barrages	Référence 8 barrages		
Période humide	1600	17	110	5646	252	646	7065	
		1%	7%		5%	11%		
Période sèche	1600	111	208	5646			7065	1394
		7%	13%					20%

Source : OMVS, 2018.

Les demandes actuelles, évaluées à 1600 Mm³/an, avec les 4 barrages en fonctionnement, accusent un déficit supportable de 1%. Ce dernier passerait à 7% si les 4 ouvrages supplémentaires projetés sont mis en service, compte tenu des volumes qui seront stockés dans leurs réservoirs. A l'horizon 2025, dans le scénario d'une période humide, ce déficit serait respectivement de 5% et 11%. Par contre en 2075 (scénario d'une période sèche), la non satisfaction des demandes s'élèvera à 1394 Mm³/an, soit 20%.

Sur la rive gauche, la situation des demandes est satisfaisante dans le Delta, la Moyenne et Haute Vallée (Figure 29) sauf dans le Haut Bassin (Falémé) qui accuserait un déficit de 20%. Mais le passage à 8 barrages entrainerait un déficit pour le Delta d'environ 22%. A l'horizon 2025, seul le bassin de la Falémé verrait son déficit passer à 24% alors que les besoins du reste de la zone seraient satisfaits avec 4 ouvrages en fonctionnement. Le passage à 8 barrages sera préjudiciable à la zone de Richard-Toll et à l'ensemble du bassin de la Falémé. En 2075, le cinquième des demandes ne sera satisfait et l'ensemble de la SAED serait affecté à des degrés divers, allant de 8% à Bakel et à Richard-Toll (26%).

3.3.2 Les ressources en eau souterraines

Les ressources en eau souterraines dans la zone d'intervention de la SAED sont localisées dans différents aquifères et concernent la vallée alluviale qui s'étend de Bakel à l'embouchure avec des largeurs variables. Diverses études ont porté sur la caractérisation des aquifères, des nappes et l'estimation des ressources en eau souterraines dans cette vallée alluviale, de Bakel à l'embouchure (Sané, 2015). Toutes ces études concluent à l'existence :

- De formations alluviales très hétérogènes, formées de sables, sables argileux et argiles se présentant en structure lenticulaire et reposant sur un substratum éocène ou maastrichtien dans la Moyenne et Haute Vallée ;
- D'un aquifère alluvial complexe et multicouche dans les formations quaternaires d'une largeur moyenne de 20 à 30 m et d'épaisseur estimée à 15 m en bordure et 35 m dans l'axe de la vallée ;
- D'un aquifère profond formé de calcaires éocènes ou des sables maastrichtiens dont la limite supérieure est très irrégulière, du nord-ouest au sud-est.

En outre, il y a une continuité hydraulique entre ces différentes nappes dans certains secteurs de la vallée alluviale avec cependant une hétérogénéité latérale des formations alluvionnaires (Koussoubé, 1992).

Le fonctionnement naturel du système, avant la mise en service du barrage de Diama, était le suivant : (i) recharge des différentes nappes pendant la saison des pluies sous l'effet de la crue et du remplissage des cuvettes de décantation ; (ii) vidange des nappes, par des mécanismes assez complexes, en saison sèche au profit du fleuve dont le niveau se trouve au plus bas. Il a été mis en évidence que les pluies avaient une faible contribution à la recharge des nappes (Saos et Diagana, 1993).

La mise en service du barrage de Diama et le soutien de l'étiage par celui de Manantali vont changer radicalement les conditions de fonctionnement de ces aquifères et leur recharge, à proximité du fleuve et dans les périmètres aménagés. En effet, la recharge des nappes devient permanente, en saison sèche, du fait du barrage de Diama, de l'endiguement et la cote de gestion à +2,5 m IGN ; en saison des pluies, la cote de gestion du barrage étant abaissée à 1,5 m IGN par lâchers, la nappe se déverse alors dans le fleuve (Gning, 2015). Dans les zones hors d'influence du fleuve, la nappe se recharge sous l'impulsion des pluies. La discontinuité de la stratigraphie conduit à une segmentation ou individualisation des zones de recharge et de drainage des nappes, en fonction des saisons comme le révèlent les fortes fluctuations des niveaux piézométriques en fonction des zones de la vallée.

La nappe alluviale, de Bakel à Dagana, a fait l'objet d'un suivi de 1987 à 1991 afin d'en évaluer la recharge (Diagana, 1994) en exploitant le réseau piézométrique de l'OMVS. Cette nappe alluviale est essentiellement constituée des sables et argiles nouakchottiens dont la stratigraphie est assez complexe. Deux modèles ont été utilisés pour simuler la recharge de nappe à 10 m et 25 m de profondeur : le modèle du flux net (Malou, 1992) et celui du bilan hydrique (Diagana, 1994).

Figure 30. Synthèse des résultats du suivi piézométrique par coupure au 1/200 000.

	Variation annuelle du niveau piézométrique (m)				
	Dagana	Podor	Kaédi	Matam	Sélibabi
Hors périmètres irrigués et loin des cours d'eau	0,2 à 0,3	0,5 à 0,8	0,2 à 0,5	0,5 à 1,2	0,4 à 1
A côté des cours d'eau	1	0,8 à 1,85	0,6 à 2,5	1,6 à 3	-
A l'intérieur des périmètres	1,9	0,8 à 1,5	1 à 2	-	1
Dans les périmètres et à côté des cours d'eau	-	1,5 à 2	2,7	-	3

Source : Dieng, 1999.

Sur la base des caractéristiques des aquifères et des fluctuations piézométriques, Illy (1973), analysant les données piézométriques de 1971 et 1972, par corrélation niveau piézométrique-distance au fleuve, a estimé les apports fleuve-nappe à 250 millions de m³. Dieng (1999) reprenant la même méthode, analyse les transferts fleuve-nappe pour 1989 et aboutit à un volume global de 330 millions de m³.

Depuis la mise en service des barrages de Diama et Manantali, la recharge de la nappe obéit à deux processus (Figure 31) : la réalimentation par le fleuve en période de crue, d'une part ; et d'autre part, par les cuvettes des périmètres sous irrigation. Sur les périmètres de Ndelle et de Ndiaye, la riziculture provoque une remontée de la nappe respectivement de 1m - 1,5 m (Gning, 2015). En considérant la nappe libre et une porosité efficace de 20%, l'auteur estime la lame stockée dans la nappe à 300 mm à Ndelle et 375 mm à Ndiaye. Mais l'essentiel de cet apport en eau par l'irrigation est repris par l'évapotranspiration qui consomme, à elle seule, 50% de l'eau d'irrigation. Sur le périmètre de Donaye (9 km de Podor) et dans une parcelle de 50 ha, Diaw (1996), pour une remontée de la nappe de 2 m, aboutit à une lame équivalente apportée à la nappe de 388 mm et un taux de recharge de celle-ci de 30% des apports en eau à la parcelle (1250 mm). Le tableau suivant résume ces échanges fleuve-nappe, dans la synthèse réalisée dans le cadre du Programme d'optimisation de la gestion des réservoirs (POGR).

Figure 31. Recharge de la nappe à partir du fleuve et des cuvettes d'inondations.

	Recharge à partir du fleuve (Vf) en m ³ /an	Recharge à partir de la cuvette (Vc) en m ³ /an	Recharge totale (Vt) en m ³ /an	Vt/Vf	Extrapolation Vallée (10 ⁶ m ³)
Fleuve seul	385 402		385 402	1	173
Fleuve + cuvette	189 216	472 883	662 098	1,71	298

Source : Kosuth et Corniaux, 1999.

Les cuvettes contribuent à près de 71% à la recharge totale des nappes même si ce volume est rapidement soustrait par les processus évaporatoires. La valeur extrapolée des apports globaux à la nappe pour l'ensemble de la vallée est dans la fourchette de celle fournie par Illy (1973) et Dieng (1999).

3.4 Analyse des impacts probables des changements climatiques futurs par système de production

Riziculture

Dans la VFS, les températures extrêmes (froid et chaleur) sont les principaux facteurs climatiques responsables de la baisse de la production du riz. La germination est inhibée pour des températures

inférieures à 10°C et supérieures à 45°C. Les températures minimales inférieures à 18°C au stade de la montaison peuvent entraîner des pertes de rendements de près de 100% en raison de la stérilité des épillets et d'un retard du stade de l'épiaison. Des températures supérieures à 35°C pendant la pollinisation entraînent une stérilité à cause de la réduction de la fertilité du pollen pendant l'anthèse (Dingkuhn, 1992)⁹².

S'agissant des impacts futurs, Oort *et al.* (2018)⁹³ ont modélisé l'évolution future des rendements de riz dans un contexte de CC à l'aide du modèle de croissance des cultures ORYZA2000 pour les scénarios d'émission RCP4.5 et RCP8.5 à l'horizon 2050 et 2070 comparativement à l'année de référence 2000. Sans mesures d'adaptation, le raccourcissement de la période de croissance dû à des températures plus élevées (de 1,5 à 3°C environ) aura un impact négatif sur les rendements, qui baisseront de 24% avec le RCP8.5 en 2070. Les rendements du riz irrigué en saison d'hivernage en Afrique de l'Ouest devraient varier de -21% ou + 7% (sans / avec la mise en place de mesures d'adaptation au CC). Sans adaptation, les rendements du riz irrigué en Afrique de l'Ouest pendant la saison sèche diminueraient de 45% ; avec l'adoption de mesures d'adaptation (par exemple, pour l'Afrique de l'Ouest, le décalage de la date d'ensemencement, d'après les auteurs), ils diminueraient nettement moins (-15%).

Cultures maraîchères

L'alternance des températures modérées durant le jour et relativement basses durant la nuit sont favorables à la croissance et à la productivité de la tomate. Les températures nocturnes supérieures à 20°C et à 23°C réduisent la fructification de la tomate et la tubérisation de la patate douce (CIRAD/GRET, 1992)⁹⁴. Les impacts futurs des CC sur les cultures maraîchères sont peu documentés dans la zone. Toutefois, selon une étude d'Abewoy (2018)⁹⁵, l'augmentation des températures, la réduction de la disponibilité de l'eau d'irrigation, les inondations et la salinité des eaux et des terres seront les principaux facteurs limitants de la productivité maraîchère. Dans des situations climatiques changeantes, les mauvaises récoltes, la réduction de la qualité et l'augmentation des ravageurs et des maladies seront de plus en plus courants et rendront, sans mesures d'adaptation, la production maraîchère non rentable. Sans mesures d'adaptation, l'élévation des températures fera chuter les rendements des cultures maraîchères dans le monde de 10 à 19% en 2010-2039 et de 18 à 32% en 2040-2069. La région la plus vulnérable sera la ceinture tropicale, où les pertes pourraient atteindre plus de 50%.⁹⁶ Au regard des projections de température dans la zone, les baisses de rendement seraient plus importantes dans la Moyenne et la Haute Vallée du fait de l'accroissement du nombre de jours très chauds (Tmax supérieure à 40°C). Tandis que l'augmentation du nombre de nuits chaudes (Tmin supérieure à 20°C) impactera davantage la croissance et la productivité des cultures maraîchères dans la zone du Gandiolais et du Lac.

Cultures pluviales

Le CC devrait globalement diminuer les rendements des cultures pluviales en Afrique en raccourcissant la durée de la saison de croissance, en amplifiant le stress hydrique et thermique et en augmentant

⁹² Dingkuhn M. (1992). Physiological and ecological basis of varietal rice crop duration in the Sahel. In « Annual Report for 1991 ». ADRAO, Côte-d'Ivoire. pp. 12-22.

⁹³ Oort P. A. J. V., Zwart S. J. (2017). Impacts of climate change on rice production in Africa and causes of simulated yield changes. *Glob Change Biol.* 2017; 1–17.

⁹⁴ CIRAD/GRET (1992). Mémento de l'agronome. Ministère des Affaires étrangères, CIRAD et GRET. 1698 pages.

⁹⁵ Abewoy D. (2018). Review on Impacts of Climate Change on Vegetable Production and its Management Practices. *Adv Crop Sci Tech* 6: 330.

⁹⁶ Source : <http://www.potato2008.org/fr/points-de-vue/bindi.html>

l'incidence des maladies, des ravageurs et des mauvaises herbes (Niang *et al.*, 2014)⁹⁷. Au Sahel, l'augmentation des températures, mais surtout la diminution des précipitations ont conduit à des déficits de production depuis les années 1970 (Barrios *et al.*, 2008)⁹⁸. Dans le futur, les changements de précipitations auront un moindre impact comparé à celui des températures d'après Schlenker et Lobell (2010)⁹⁹. En tant que plantes de chaleur, le mil et le sorgho ne seraient pas vulnérables à des hausses de températures de l'ordre de 1°C. En revanche, en zone tropicale toute augmentation de la température de 1°C entraînerait une chute des rendements de maïs de 8% puis de 15% pour une hausse de 2°C (Agrhymet, 2009)¹⁰⁰. Salack (2006)¹⁰¹ a montré que pour une variété de mil, un réchauffement (+1,5°C) aura des effets négatifs sur le rendement, même si ces effets peuvent être atténués par une augmentation des précipitations. L'impact négatif sur les rendements simulés provoqué par une augmentation de la température de 2°C sur l'Afrique peut être compensé par une hausse de 20% des pluies. En revanche, lorsque le réchauffement dépasse 3°C, on observe un déficit dans le rendement simulé, quelle que soit l'anomalie de pluies considérée (dans l'intervalle de variation - 20 % à + 20 %).

Cultures de décrue

L'agriculture de décrue est menacée par l'aménagement de périmètres irrigués dans le lit majeur du fleuve et surtout par l'édification de barrages hydro-électriques à l'amont du bassin, qui auront un impact direct sur l'amplitude des crues. La culture est également menacée par des perspectives hydro-climatiques ambiguës et incertaines. Depuis 2000, après de nombreuses années marquées par la faiblesse des crues, on observe toutefois un regain d'intérêt pour cette activité, marquée par d'importantes surfaces cultivées en décrue. Toutefois, les modèles climatiques globaux prévoient d'ici 2050 un assèchement du climat en Afrique de l'Ouest (Bates *et al.*, 2008)¹⁰².

Elevage

L'augmentation de la chaleur cause un stress chez les animaux, qui peut les amener à augmenter leur consommation d'eau et à limiter leur alimentation, ce qui provoque la diminution des productions, notamment de lait (Nardone *et al.*, 2010¹⁰³ ; Bazin *et al.*, 2013¹⁰⁴). Le stress thermique impacte également la reproduction, en réduisant la longueur et l'intensité des chaleurs, mais aussi la fertilité et la survie de l'embryon (Hansen, 2007¹⁰⁵ ; Nardone *et al.*, 2010). Les vagues de chaleurs causent régulièrement une augmentation de la mortalité des troupeaux. Toutefois, la vulnérabilité des

⁹⁷ Niang I., O. C. Ruppel, M. A. Abdrabo, A. Essel, C. Lennard, J. Padgham, et al. (2014). Africa. pp. 1199–1265 in V. R. Barros, C. B. Field, D. J. Dokken, M. D. Mastrandrea, K. J. Mach, T. E. Bilir, M. Chatterjee, K. L. Ebi, Y. O. Estrada, R. C. Genova, B. Girma, E. S. Kissel, A. N. Levy, S. McCracken, P. R. Mastrandrea, L. L. White, eds. *Climate change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability. Part B: regional aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge Univ. Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY.

⁹⁸ Barrios S., Ouattara B., Strobl E. (2008). The impact of climatic change on agricultural production : Is it different for Africa? *Food Policy*, 33: 287-298.

⁹⁹ Schlenker W., Lobell D.B. (2010). Robust negative impacts of climate change on African agriculture. *Env. Research Letters*, 5: 1-8.

¹⁰⁰ Agrhymet, 2009. Le Sahel face aux changements climatiques : enjeux pour un développement durable. Numéro spécial, 38 pages.

¹⁰¹ Salack S., 2006. Impacts des changements climatiques sur la production du mil et du sorgho dans les sites pilotes du plateau central, de Tahoua et de Fikara. CILSS, 33 p.

¹⁰² Bates B. C., Kundzewicz Z. W., Wu S., Palutikof J. P. (2008). *Climate Change and Water*. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC Secretariat, Geneva, Switzerland, 210 p.

¹⁰³ Nardone A, Ronchi B, Lacetera N, Ranieri M S & Bernabucci U. (2010). Effects of climate change on animal production and sustainability of livestock systems. *Livest. Sci.* 130, 57–69.

¹⁰⁴ Bazin F, Béchir A, B., Khamis D. (2013). Etude prospective : systèmes d'élevage et changements climatiques au Tchad, Rapport Institut de recherches et d'applications des méthodes de développement (IRAM-Montpellier), Ministère du Développement Pastoral et des Productions Animales, 80 pages.

¹⁰⁵ Hansen P.J. (2007). Exploitation of genetic and physiological determinants of embryonic resistance to elevated temperature to improve embryonic survival in dairy cattle during heat stress. *Theriogenology* 68 (4), 242-249.

animaux au stress thermique varie selon les espèces, leur potentiel génétique d'adaptation à la chaleur, leur âge et leur état nutritionnel (Bazin et al., 2013). En ce qui concerne la qualité des fourrages, il est probable que l'augmentation de températures provoquera une plus grande lignification des plantes, et donc une moins bonne digestibilité (Bazin et al, 2013).

Pêche

Les espèces de poisson d'eau douce sont particulièrement sensibles aux changements de la température de l'eau. Or, le CC entraînera des situations de stress thermique dues au réchauffement des eaux de surface, la réduction des concentrations d'oxygène dissous et la salinité de l'eau (FAO, 2018)¹⁰⁶. En plus de la surpêche, une des menaces liées au réchauffement climatique projeté serait le déclin du nombre de poissons d'eau corrélativement à l'augmentation de la température de l'eau et à la disparition des planctons, principale nourriture des poissons dans les lacs, mares et marigots.¹⁰⁷

3.5 Besoins complémentaires de modélisation

Dans le cadre des projections climatiques fournies par la Banque mondiale via leur portail CCKP¹⁰⁸, un produit d'ensemble dérivé de jusqu'à 35 modèles de circulation générale (GCM) du projet CMIP5 est fourni en tant que description climatologique des changements projetés à travers une collection multi-modèle. Cet ensemble est la combinaison des anomalies d'ensemble multi-modèles superposées, une description probabiliste du climat futur projeté étant disponible et représenté par le 90^{ème} percentile, la médiane (le 50^{ème} percentile) et la série du 10^{ème} percentile. L'intention de cet ensemble est de fournir une perspective condensée du climat futur projeté avec sa représentation la plus fidèle de l'incertitude. Parce que les modèles individuels peuvent potentiellement présenter des biais importants, cette approche composite d'une caractérisation d'ensemble est donc plus robuste pour projeter le climat futur (Nikulin et al., 2013)¹⁰⁹.

Cependant, les projections climatiques du CCKP ont une résolution spatiale de 1° x 1°. Un travail de modélisation climatique et de descente d'échelle serait alors nécessaire pour prendre en compte plus précisément les effets régionaux comme suit :

- Collecter des données CORDEX complémentaires (résolution spatiale d'environ 44 km) pour deux scénarios climatiques (RCP 4.5 et RCP 8.5) ;
- Calculer des moyennes d'ensemble et des variabilités inter-modèles pour la région du projet ;
- Analyser les incertitudes liées aux modèles et aux scénarios climatiques via une approche probabiliste (calcul de la médiane, des percentiles) ;
- Réaliser des projections des trajectoires climatiques probabilistes pour la région d'étude pour différents horizons et scénarios climatiques RCP 4.5 et RCP 8.5.

Des sources de données projetées à l'échelle régionale sont disponibles sur deux autres portails climatiques, à savoir : (i) CLIMAP Géoportail Sénégal¹¹⁰ ; (ii) Climate Information¹¹¹. Ces portails

¹⁰⁶ FAO (2018). *Impacts du changement climatique sur les pêches et l'aquaculture : synthèse des connaissances actuelles, options d'adaptation et d'atténuation*. Résumé du Document technique de la FAO sur les pêches et l'aquaculture no 627. Rome. 48 pp.

¹⁰⁷ Source : <https://theconversation.com/rechauffement-surpeche>

¹⁰⁸ <https://climateknowledgeportal.worldbank.org/country/madagascar/climate-data-projections>

¹⁰⁹ Nikulin, G., Jones, C., Giorgi, F., Asrar, G., Büchner, M., CerezoMota, R., Christensen, O. B., Déqué, M., Fernandez, J., Hänsler, A., van Meijgaard, E., Samuelsson, P., Sylla, M. B., & Sushama, L. (2012). Precipitation Climatology in an Ensemble of CORDEX-Africa Regional Climate Simulations, *J. Climate*, 25, 6057–6078.

¹¹⁰ <https://ret11.teledetection.fr/climap/proj/>

¹¹¹ <https://climateinformation.org/dap/>

fournissent notamment des projections climatiques à plus fines résolutions (0.5° x 0.5°) : soit issues des données interpolées à partir des projections climatiques globales du CMIP5 (portail CLIMAP), soit issues du projet CORDEX (*Climate Information Portal*), considérant d'autres enveloppes d'incertitudes ou encore comparées à une autre période de référence. Une première analyse des projections des précipitations annuelles issues du portail CLIMAP a déjà été réalisée précédemment pour les horizons 2035 et 2050 et les deux scénarios climatiques RCP4.5 et RCP8.5. A l'avenir, il pourrait être envisageable de réaliser des projections climatiques d'ensemble multi-sources en plus d'être multi-modèles, prenant ainsi en compte plus massivement les incertitudes sur les origines des données collectées et analysées par les différents portails climatiques.

4 Diagnostic participatif des vulnérabilités

4.1 Etat des lieux du secteur agropastoral dans les cinq zones d'étude

4.1.1 Lac de Guiers

Sur une superficie d'environ 240 km², le Lac de Guiers est l'une des plus importantes réserves d'eau douce du Sénégal et la principale source d'approvisionnement en eau potable de l'agglomération dakaroise (couvrant environ 60% des besoins). Le lac et ses terres alentours cristallisent trois enjeux d'importance capitale : (i) l'approvisionnement en eau d'une capitale sans cesse grandissante ; (ii) le développement durable de l'agriculture familiale (y compris les activités d'élevage et de pêche) ; (iii) l'insertion croissante d'agro-industries, aujourd'hui acteurs à part entière du développement territorial de la zone. A noter que le premier enjeu n'est pas l'objet de cette étude sur les vulnérabilités des systèmes de production.

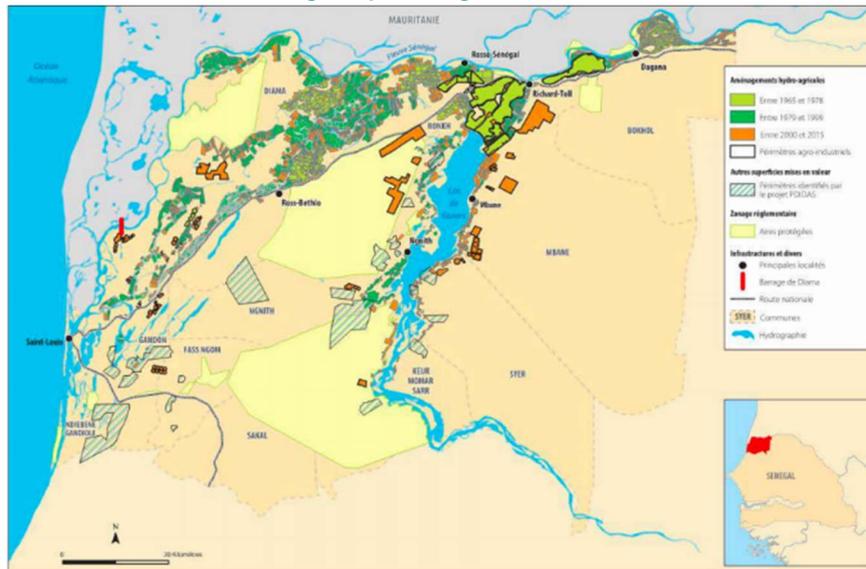
L'agriculture est l'activité dominante des populations des communes établies de part et d'autre du lac. Il s'agit essentiellement de cultures pluviales et irriguées, les cultures de décrue étant marginales et en net déclin depuis plusieurs années. L'élevage pastoral est la deuxième activité, suivie de la pêche. L'agriculture pluviale, fortement tributaire d'une pluviométrie faible et irrégulière (ANACIM, 2020), tend à décliner, tandis qu'on note le développement des périmètres irrigués, qui dépendent de l'eau du fleuve Sénégal et du lac, alimenté via la Taouey (Faye et al., 2016)¹¹². Les enquêtes révèlent le recul des productions pluviales vivrières (mil) au profit de cultures de rente (en particulier la pastèque), ainsi que l'importance de la riziculture irriguée dans la partie Nord de la zone.

Ces dernières années, se développent aussi les cultures maraîchères (patate douce, manioc, oignon, tomate et piment) avec l'appui de plusieurs projets étatiques (PDMAS, PDIDAS). Des interprofessions se structurent (patate douce) avec l'appui du Fonds national de développement agrosylvopastoral (FNDASP). L'essor du maraichage se heurte néanmoins à la forte pression parasitaire (nématodes, mouches blanches, pucerons, araignées rouges), d'où la priorisation par les agriculteurs de produits peu périssables (manioc et patate douce).

¹¹² Faye V. M., C. Mbow et A. Thiam (2016). Évolution de l'occupation du sol entre 1973 et 2010 dans la zone agropastorale du lac de Guiers (Sénégal). *Vertigo* [En ligne], Volume 16 Numéro 1 | mai 2016, mis en ligne le 09 mai 2016, consulté le 25 janvier 2021. URL : <http://journals.openedition.org/vertigo/17206>

Le Lac de Guiers constitue une zone d'intervention assez récente pour la SAED. On y trouve donc à ce jour moins d'investissements que dans les périmètres de la vallée. Le développement de la culture irriguée y est cependant fulgurant et s'étend actuellement à l'ouest du lac avec le PDIDAS (cf. Figure 32) et une présence de plus en plus forte des agro-industries (dont la West Africa Farms et la Société de Cultures Légumières). Malgré les fortes contraintes liées à la mobilité et à l'accès aux ressources pour les troupeaux, la zone du Lac demeure encore une zone à vocation pastorale.

Figure 32. Evolution des surfaces aménagées pour l'agriculture dans le Delta et autour du Lac de Guiers.



Source : Bourgoin et al., 2016¹¹³.

Malgré le potentiel agro-pastoral important, la zone est soumise à plusieurs facteurs de vulnérabilité :

- Un grand lac pelliculaire (peu profond) et très exposé à l'évaporation ;
- Des systèmes d'irrigation très consommateurs d'eau : pour ce qui est de l'irrigation, la SAED a dénombré 200 chenaux creusés autour du lac pour amener l'eau à proximité des périmètres. Nombre d'entre eux, creusés à même le sable, ont été mal conçus, s'érodent et s'ensablent rapidement. Ils doivent être entretenus et curés chaque année à la pelle mécanique (Belmin, 2018)¹¹⁴ ;
- Le développement de plantes aquatiques qui colonisent le lac et les chenaux, en lien avec les rejets de nitrates et phosphates par les activités agricoles, ainsi que la diminution de la profondeur d'eau en saison sèche. En moins de dix ans, la plupart des axes hydrauliques d'eau douce ont été envahis par le typha. Les colonies de typha diminuent l'accès à l'eau pour l'agriculture ainsi que pour les troupeaux car elles bloquent la circulation de l'eau dans les chenaux et assèchent ces derniers. Le typha gêne également les activités de pêche (DEEC, 2014)¹¹⁵ ;
- Le fort marnage du plan d'eau dû aux difficultés d'anticipation des consommations réelles de la CSS, des autres agro-industriels en croissance (WAF, SenegIndia, Vital, etc.) et des aménagements sommaires ;

¹¹³ Bourgoin J., E. Valette, D. Diop, A. Adamczewski, D. Dia, L. Touré (2016). Le delta du fleuve Sénégal : quel modèle agricole ? <https://www.cirad.fr/MM/atlas-nepad/Atlas-Nepad-FR.pdf>

¹¹⁴ Belmin R. (2018). Compte rendu de mission exploratoire dans la zone du Lac de Guiers. Mission conjointe CIRAD, ISRA, UGB et SAED.

¹¹⁵ DEEC (2014). Situation de référence de la biodiversité dans les zones de peuplement en typha. Rapport PNEEB/TYPHA.

- La faible fertilité des sols de la zone, qui sont perméables, peu fertiles et en voie d'érosion physique et chimique. D'après Belmin (2018), cette situation résulte d'une conjonction de facteurs naturels (sols naturellement sableux) et humains (travail du sol avec des charrues à disque, fertilisation minérale sans amendements organiques).

Les populations affectées par ces facteurs de vulnérabilités ont recours à d'autres activités, notamment le commerce, aussi bien pour les hommes que pour les femmes. Ainsi, les femmes interrogées lors des FG et ESD ont systématiquement mentionné le petit commerce comme une activité secondaire mais d'importance pour elles ; l'embouche bovine ou ovine fait également l'objet d'un fort développement.

L'intérêt de la zone du Lac pour les pouvoirs publics est de plus en plus manifeste, avec des programmes ambitieux, notamment le Projet de restauration des fonctions socio-écologiques du Lac de Guiers (PREFELAG) et le Projet de renforcement de la résilience des écosystèmes dans le Ferlo (PREFERLO), tous deux en cours, ainsi que le programme DELTA (Développement économique local et transition agroécologique), en cours de formulation. Ces programmes entendent améliorer les performances de « production » du lac. En attendant, la zone est relativement enclavée, sans route bitumée en bon état, exposant les agriculteurs à un difficile accès aux marchés.

4.1.2 Gandiolais

Situé à l'embouchure du fleuve Sénégal, le Gandiolais comprend trois communes : Gandon et Ndiébène Gandiol dans le département de Saint-Louis et Léona dans celui de Louga. La morphologie dunaire avec des dépressions caractérise le paysage du Gandiolais. La strate arborée est dominée par les épineux notamment les *Acacia tortillis* et le sous-bois est faible. Deux cours d'eau importants cernent cette zone. Le Ngalam (défluent) à l'est et le fleuve Sénégal à son embouchure. Ces deux cours d'eau ont connu des modifications ces dernières années. L'ouverture (brèche) artificielle d'une nouvelle embouchure à travers la Langue de Barbarie a engendré un arrêt de la recharge de la nappe phréatique et la salinisation de fleuve et des puits sur son axe du Gandiolais. Les activités liées à ces services écologiques comme la pêche et le maraichage ont progressivement disparu. Le Gorom, dont le flux est régularisé, arrose plusieurs villages de la commune de Gandon. S'ajoute à ces cours d'eau naturels, un chenal dit Chenal du Gandiol qui part du Ngalam à la voie ferrée. L'axe hydraulique du Ngalam est envahi par le typha qui réduit le flux hydraulique et les usages sur le plan d'eau comme la pêche, l'irrigation ou l'abreuvement des animaux.

Le climat sahélien avec une courte saison des pluies s'est progressivement détérioré ; en effet sur ces dix dernières, neuf saisons ont connu moins de 300 mm de pluies en moins de 2 mois. Le régime des vents est irrégulier et de plus en plus fort et chargé d'aérosols. Les températures fraîches de décembre-janvier ont disparu. Hormis les températures nocturnes de la saison dite *tiorong* (avril à début Juin), il est partout noté une augmentation de la chaleur. L'occurrence des tempêtes et inondations a augmenté.

Le maraichage, l'élevage et la pêche sont les activités principales de la zone du Gandiolais. Accessoirement, les femmes s'adonnent à la production de sel et la cueillette de fruits de mer ou des produits forestiers non ligneux.

Tous les ménages pratiquent le maraichage. Les parcelles maraichères munies de puits forages dans des propriétés privées sont dispersées dans l'espace agro-pastoral. Toutes les spéculations maraichères y sont cultivées mais celles de l'oignon est dominante, suivie de la tomate, des choux, du gombo et de l'arachide. Plus de 80% des ménages ne cultivent que moins de 1 ha et pratiquent chaque année les mêmes spéculations sur les mêmes parcelles. Du fait de la brèche et de l'extension des habitats, les maraichers du Gandiol ont des parcelles très éloignées des villages (de 2 à 12 km).

La monoculture et les effets du climat font que les parcelles sont fortement infestées en nématodes, chenilles, insectes et autres maladies ou parasites. De ce fait, les maraichers utilisent de plus en plus de produits phytosanitaires avec des traitements hebdomadaires. Hormis le long du Ngalam, l'irrigation dans le Gandiolais se fait à partir des puits de 12 à 16 m munis de forages et motopompes. La chaleur et l'assèchement fréquent des puits font que la durée d'arrosage a triplé de 8 h à presque 20 h par jour. L'arrosage à la raie ou manuelle domine mais on note l'introduction du goutte-à-goutte. L'agriculture est peu mécanisée mais avec la présence du grand périmètre de la SCL, plusieurs techniques de pépinières se vulgarisent le long du Ngalam. Les infrastructures de stockage sont inexistantes ou absentes. La zone reste très enclavée.

Toutes les populations pratiquent une forme ou une autre d'élevage mais c'est dans les villages dits peulhs que cette activité s'est professionnalisée. Toute la population pratique l'élevage de petits ruminants et 70% ont des bovins. Toutefois, la taille des troupeaux est petite puisque les deux tiers des ménages ont moins de 10 têtes de bovins. L'élevage est très impacté par le changement climatique : les courtes saisons de pluies entraînent des transhumances très tôt dans l'année, de fortes mortalités, des pertes importantes de fertilité et des dépenses élevées en soins vétérinaires et en aliments de bétail.

La pêche est importante le long des axes hydrauliques mais en perte de vitesse à cause de la brèche sur la partie embouchure, du typha et de l'interdiction des sennes de plage le long du Gorom. Pour ce dernier site, la pêche ne se fait plus qu'au mois d'août et on note la disparition de plusieurs espèces de poissons. Pour le Gandiol, le parc piroguier est de 300 pirogues (10-15 pirogues par famille). Le barrage de Diama et la brèche ont fait effondrer les stocks et la disparition d'un bon nombre d'espèces de poissons d'une part et les mauvaises pratiques de pêche ont fait le reste, d'autre part. C'est ainsi que les pêcheurs du Gandiolais qui alimentaient tout le Sénégal en poisson sont réduits à la migration dans les sites de pêche de la sous-région.

Comme pour l'élevage, l'agriculture pluviale subit de plein fouet le CC avec l'abandon de sa pratique par 60 à 70% des ménages du Gandiolais. Pour ceux qui la pratiquent encore, le mil n'est plus emblavé et les principales cultures pluviales sont le niébé et les pastèques, suivis de l'arachide et du béréf.

4.1.3 Podor

La zone de Podor est à l'extrême nord du Sénégal et comprend deux sous-écosystèmes distincts : le *diéri* et le *walo*. Dans le *walo* se situent les AHA et se pratiquent les cultures de décrue. Le réseau hydrographique du *walo* est très dense et les cultures irriguées se font le long des défluent (Ngalenka, Doué, Gayo, etc.). Le *diéri* est l'espace où se pratiquent les cultures sous-pluie, la collecte de produits forestiers non ligneux (PFNL) mais surtout l'élevage extensif de bovins et de petits ruminants. La zone de Podor a un climat sahélien semi-aride à aride. Les pluies sont rares (moins de deux mois de pluies

et autour de 200 mm annuels) et les vents forts chargés de particules solides sont fréquents. Les fortes chaleurs s'étalent sur 6 à 8 mois de l'année, avec des pics qui peuvent dépasser 45°C.

Avec l'île à Morphil et grâce aux nombreux défluent, Podor compte un vaste espace aménageable. Depuis les années 60 et surtout 70, de grands aménagements à Nianga, Ngalenka, Guédé, Diomandou, Aéré ou Cas-Cas ont été réalisés sur des cuvettes dites de décantation à sols lourds et argileux. Après la grande sécheresse, des PIV ont été aménagés autour des villages et sur la partie inondable à sols moins lourds (*fondé*). Plus tard, durant les années 80 et 90, des périmètres privés plus petits, gérés par des GIE familiaux, se sont installés. Les cuvettes de décantation non aménagées sont encore destinées aux cultures de décrues. Des espaces encore boisés en *Acacia nilotica*, classés ou pas, sont assez bien représentés. La zone compte 23 forêts classées à gonakiers, très amputées par les activités humaines.

Les grands périmètres comme les PIV sont, après aménagement, subdivisés en parcelles généralement de 0,4 hectare ou moins qui sont attribuées aux ménages. Depuis la fin des années 90, la gestion des périmètres a été transférée aux populations. L'irrigation se fait à partir d'une station ou d'un groupe motopompe à gasoil. Depuis le milieu des années 2000, ces équipements ont été branchés à l'électricité. L'irrigation se fait à la raie. Les dysfonctionnements de la facturation d'électricité ou de gasoil constituent actuellement un des goulots d'étranglement. Du fait de problèmes de remboursement ou d'aménagements de moindre qualité et/ou dégradés, plusieurs périmètres sont à l'arrêt.

Les parcelles sont souvent utilisées pour la culture du riz et le maraichage ; la double culture de riz est rare. Les exigences d'aménagement pour le riz et le maraichage étant différents, il s'en suit des problèmes d'arrosage avec la destruction des diguettes de retenue d'eau pour le premier. Les travaux du sol (offsetage, billonnage) se font avec du matériel motorisé. La monoculture entraîne un très fort enherbement et un parasitage endémique des cultures ; il est même noté l'apparition de nouveaux adventices. Après une application en début de culture, les producteurs épandent 2 à 3 fois par saison tant en herbicides qu'en produits phytosanitaires. Les chenaux principaux d'irrigation sont souvent envahis par les herbes malgré les faucardages périodiques de la SAED. Les irrigations s'étirent en longueur avec ces problèmes, ainsi de 8 h/j pour une semaine, l'arrosage se fait en 20h et doit se répéter tous les 3 jours. Les oiseaux granivores, les phacochères et la divagation des animaux sont récurrentes. Subséquemment, les rendements baissent progressivement. Les productions des parcelles de 0,4 ha étaient de 3,25 tonnes au début des aménagements durant les années 2000 et ne dépassent pas 1,5 tonnes actuellement. La production de riz est autoconsommée.

Pour le maraichage, la parcelle de 0,4 ha est souvent divisée en 2 pour l'oignon et le melon. Les autres cultures maraichères se font à la suite. La rotation se fait entre ces spéculations la prochaine saison. Hormis les labours tous les autres travaux culturels comme le repiquage, l'épandage, la récolte ou l'ensachage sont manuels et salariés. La divagation des animaux est récurrente.

Podor est la première zone de culture de décrue de la VFS. Toutefois, même si 70% des exploitations la pratique, elle a beaucoup reculé par rapport aux cultures irriguées, et représente 34% de ce qu'elle était avant la grande sécheresse de 1973 (Bruckmann, 2016). Pour chaque village, elle se pratique sur plusieurs cuvettes et chaque ménage en détient 3 à 4 champs. La superficie moyenne des champs est de 3 ha pour 60% des ménages. Les bonnes crues surviennent une fois tous les 20 ans, ce qui entraîne une perte de 40% des cuvettes par envahissement d'arbres et une perte quasi totale du capital semencier en sorgho. Les femmes s'adonnent principalement à la culture de la patate dans les zones

dites *falo* (berges du fleuve). Du fait de la perte du capital semencier et l'utilisation du tout-venant des marchés hebdomadaires, les rendements de sorgho se sont effondrés entraînant progressivement l'abandon de cette pratique culturale. La production de patate est commercialisée alors que le sorgho est plutôt autoconsommé et garantit la sécurité alimentaire.

Les villages du *walo* ne pratiquent plus les cultures pluviales, qui sont plutôt localisées dans le *diéri*, où 90% des foyers cultivent des parcelles pluviales (de 1 à 2 ha). Les principales cultures sont le niébé et la pastèque. Avec le raccourcissement de la saison des pluies, la culture du mil tend à être abandonnée ; pour les autres spéculations, la récolte ne se fait qu'une année sur cinq. Malgré l'existence d'une réglementation interne, la divagation des animaux est une contrainte majeure.

L'élevage de petits ruminants est pratiqué par la totalité des ménages et 90% possèdent des bovins. Certains ménages comptent plus de 100 têtes. Ces troupeaux se concentrent essentiellement dans le *diéri*. Outre l'élevage des ruminants et bovins, le *diéri* compte un bon cheptel d'équidés à rôle social important (transport de personnes et de marchandises) et de la volaille. L'élevage dans cette zone septentrionale du Sénégal est très marqué par les années de sécheresse avec de fortes mortalités et des baisses drastiques de fertilité. L'abreuvement en zone *diéri* se fait à partir de forages alors que pour le *walo*, le bétail se désaltère au niveau des canaux de drainage, entraînant l'irruption de beaucoup de maladies, de pertes de production et de mortalités. En conséquence des nombreuses sécheresses, le *diéri*, habituellement à faible émigration, connaît un fort taux d'exode rural et de changement de métier.

Outres ces activités, les habitants du *diéri* pratiquent la riziculture et la culture de décrue. Le maraichage à partir de forages est pratiqué par les femmes. Les femmes du *diéri* s'adonnent à la cueillette des PFNL comme les jujubes et le *soump*. Les hommes de certaines communautés pratiquent la cueillette de gomme arabique. Ces activités dites de résilience contribuent d'une manière significative à la lutte contre la pauvreté. Les marchés hebdomadaires (une vingtaine dans la zone) sont les lieux privilégiés d'échange des produits agro-forestiers. La pêche, activité jadis importante, devient secondaire du fait du manque de moyens et de la baisse importante des stocks de poisson en raison du barrage et de la sécheresse.

4.1.4 Matam

La zone de Matam, au cœur de la Moyenne Vallée, polarise un potentiel irrigable considérable, avec 55 000 ha aménageables, soit près du quart du potentiel de toute la vallée. Cette zone dispose de la disponibilité de l'eau du fleuve Sénégal mais aussi de ses défluent, le Diamel et le Dioulol (Ba, 2019)¹¹⁶. La population de la région de Matam est majoritairement rurale (74,1%) et ses moyens d'existence dépendent essentiellement de l'agriculture, de l'élevage et de la pêche. L'exploitation de PFNL ainsi que l'artisanat et le commerce sont des activités également importantes (ANSD, 2020)¹¹⁷.

Dans le domaine de l'agriculture, les populations combinent les systèmes pluviaux, irrigués et de décrue. Les principales cultures sont le sorgho, le maïs, le riz, le mil et la pastèque. Cette dernière, selon nos enquêtes, est en passe de se substituer aux cultures céréalières pluviales du fait de la succession de mauvais hivernages. Pour la campagne agricole 2018/2019, « *la filière de la pastèque a*

¹¹⁶ Ba M. (2019). Enjeux, potentialités et défis en matière de gouvernance du foncier et des ressources naturelles. DVGF, IPAR.

¹¹⁷ ANSD (2020). Situation économique et sociale régionale. Matam 2017-2018. Service Régional de la Statistique et de la Démographie de Matam. 228p.

été la plus rentable (...) dans le département de Ranérou-Ferlo, où le rendement de la campagne a triplé par rapport à celle de 2017/2018 (...) avec 15 000 tonnes produites ». Dans le même temps, les superficies emblavées en mil ont baissé d'année en année : moins 2% entre 2016 et 2017 et de 66,4% entre 2017 et 2018 (ANSD, 2020).

La riziculture occupe une place importante dans la sécurité alimentaire de milliers de familles pour qui elle constitue une céréale autoconsommée. A cet effet, les appuis publics de soutien aux aménagements et à la culture du riz sont importants. La Direction Régionale du Développement Rural (DRDR), en sus d'une présence remarquable de la SAED par sa délégation régionale et deux pôles d'intervention (un dans le secteur Dioulol et un autre dans le secteur Diamel), pilote la politique agricole locale. Le PRODAM¹¹⁸ y a introduit le système de riziculture intensif (SRI) dans les PIV que le projet encadre, et par la suite la SAED a poursuivi la diffusion avec l'appui du PADAER¹¹⁹, notamment dans le périmètre de Kobilou, où ce système est actuellement pratiqué. Les rendements du riz durant les campagnes de 2016/2017 à 2018/2019 étaient légèrement supérieurs à 6 T/ha (ANSD, 2020).

Outre la pastèque (en pluvial), la zone de Matam produit diverses cultures maraichères (gombo, oignon, tomate, choux pommé, courge, melon, etc.), dans lesquelles les groupements féminins sont particulièrement investis, notamment grâce au soutien de différents projets (dont le PRODAM et USAID Yaadjendé).

Les cultures de décrue (le maïs et la patate douce) complètent les besoins alimentaires de la population, mais dépendent de la crue du fleuve qui selon nos interlocuteurs est de plus en plus insuffisante pour assurer les cycles complets des cultures de décrue. Le maraichage gagne du terrain dans la zone depuis l'intervention du PRODAM, qui a introduit les « sociétés d'intensification de la production agricole » (SIPA) permettant aux jeunes et aux femmes d'installer de petites et moyennes entreprises rurales avec des productions d'oignons et de pomme de terre commercialisées. D'autres projets comme le PGIRE II, le PADAER et ASAMM/APEFAM ont pris le relais sur le maraichage ou encore la régénération naturelle assistée (RNA).

Matam est une zone d'élevage avec un département (Ranérou) où la quasi-totalité de la population est exclusivement pastorale. D'après les chiffres de l'ANSD (2020), les élevages de bovins sont conséquents (environ 350 000 têtes au total) et on trouve d'importants troupeaux de petits ruminants (environ 1 million de têtes). Ces troupeaux sont répartis sur tous les écosystèmes de la zone, dans le *dandé mayo* (paysage du bord du fleuve) comme dans *le diéri* (terre intérieure sèche). Les derniers recensements constatent une baisse des effectifs entre 2016 et 2017 d'environ 11%. Le système d'élevage est extensif, avec la transhumance systématique des petits ruminants vers le Sénégal oriental et le sud du Ferlo. En dépit d'un potentiel important, l'élevage est confronté à de nombreuses contraintes du fait des effets du CC, en particulier une baisse constante des pâturages et un accès difficile à l'eau. Ainsi, depuis 2012, l'État à travers le Ministère de l'Élevage, actionne annuellement un programme de secours dénommé OSB (Opération Sauvegarde du Bétail) pour assister les éleveurs pendant les périodes de soudure. De plus, la SAED a développé, à travers les projets ASAMM/APEFAM, des unités pastorales (UP) dans les communes de Oréfondé, Bokidiawé et Nabadji, accompagnant ainsi les communautés dans la gestion durable de l'espace et des ressources naturelles et finançant diverses

¹¹⁸ Projet de Développement Agricole de Matam.

¹¹⁹ Programme d'Appui au Développement Agricole et à l'Entreprenariat Rural.

infrastructures pastorales (forages pastoraux, abreuvoirs, magasins d'aliment du bétail, parcs de vaccination, etc.).

La zone bénéficie d'un réseau hydrographique assez diversifié, constitué par le fleuve, ses défluent (Dioulol et Diamel), mais aussi des marigots (Pattowel et Gattawel) et des mares, où la pêche est possible. Comme l'agriculture et l'élevage, il ressort de nos enquêtes que la pêche est fortement dépendante de la quantité d'eau de pluie et de la qualité des eaux. Ainsi la pluviométrie et la gestion des barrages conditionnent les performances des pêcheurs du fait de la baisse de la crue, des lâchers d'eau du barrage moins riches en phytoplanctons, et du tarissement précoce des grandes mares. Sur la période 2017-2018, la quantité de poissons pêchés dans la région de Matam est passée d'environ 4 500 en 2017 à 2 233 tonnes en 2018 (ANSD, 2020).

4.1.5 Bakel

La zone de Bakel est assez similaire à celle de Matam. L'eau du fleuve et des grandes mares (*maani walo* et *maani diéri*) constitue la ressource clé pour tous les systèmes de production. Cette eau, indispensable aux activités de production, est fortement dépendante de la pluviométrie annuelle. Les exploitations familiales combinent différents systèmes de production, avec des variations selon les terres disponibles et leur distance à l'eau.

Les cultures vivrières sont très importantes pour la sécurité alimentaire des familles élargies. Les cultures pluviales, dont principalement le mil, le sorgho, le maïs et le niébé, polarisent le plus grand nombre de familles. Il ressort des entretiens que les cultures de décrue concernent essentiellement le maïs (autoconsommé) en complément du riz irrigué.

Le riz constitue la céréale la plus consommée de la zone (ANSD, 2016)¹²⁰. L'essentiel de la production est autoconsommé du fait de la taille importante des ménages. Malgré cette importance du riz dans l'alimentation, la superficie moyenne exploitée reste faible (0,5 ha par exploitation). Le niveau de mécanisation est relativement satisfaisant, avec une dizaine de tracteurs pour l'ensemble de la zone, même si pour les producteurs de la ville de Bakel, il n'y avait au moment de cette étude qu'un seul tracteur à disposition. Selon la délégation SAED de la zone, il y a une stabilisation des rendements du riz entre 5 et 6 T/ha, avec notamment l'introduction de nouvelles variétés comme ISRiz.

Les entretiens révèlent un essor du maraichage autour des grandes mares et dans les périmètres aménagés par la SAED, avec une tendance « colonisatrice » de certaines cultures comme le piment, cohabitant avec les légumes classiquement pratiqués (tomate, aubergine, manioc, bissap).

Concernant l'élevage, Bakel est à la fois une zone d'élevage autochtone et une zone d'accueil des transhumants du Delta et de la Moyenne Vallée (Podor et Matam). Les troupeaux mixtes (bovins et petits ruminants) sont exploités à travers des systèmes agropastoraux extensifs. Les éleveurs rencontrés font état de la diminution des effectifs par exploitation (la taille la plus fréquente étant autour de 50 bovins) ainsi que de la rareté des ressources et de l'exacerbation des conflits d'usage entre agriculteurs et éleveurs. Pour ces pasteurs, il y a une forte tendance de conversion vers

¹²⁰ ANSD (2016). Situation économique et sociale régionale : Tambacounda. Service Régional de la Statistique et de la Démographie de Tambacounda.

l'agriculture et vers des systèmes qu'ils ne pratiquaient pas jusqu'alors, en l'occurrence le maraichage et la culture irriguée.

La pêche est quant à elle en déclin dans la zone malgré son importance économique pour les ménages de pêcheurs et plus généralement pour l'accès au poisson, dans une zone enclavée par rapport aux marchés de poisson du pays. Les pêcheurs rencontrés parlent de diminution continue des captures et de la baisse de la diversité des poissons. Ce constat semble corroboré par les statistiques régionales, qui font état d'une baisse de 6% entre 2015 et 2016 (ANSD, 2016). Les contraintes à la bonne performance de la pêche sont le sous-équipement des pêcheurs artisanaux, l'ensablement des plans d'eau, l'irrégularité de la crue, et la fréquence des lâchers d'eau au niveau de Manantali. Il existe des programmes d'appui à la pêche (pour la subvention de moteurs, par exemple), mais les défis restent encore nombreux.

La zone de Bakel garde la particularité d'une zone d'émigration relativement ancienne, avec pas moins de 30% de la population active qui est concernée (SDD Bakel, 2013, cité par Ba, 2007)¹²¹. Cette migration est à la fois source de revenus pour soutenir les moyens d'existence, mais aussi facteur de déprise agricole du fait d'un désintérêt des jeunes qui aspirent à voyager vis-à-vis de l'agriculture (GERM, 2018)¹²².

4.2 Les changements hydro-climatiques perçus et leurs effets

4.2.1 Sur les ressources en eau, aménagements hydroagricoles et cultures irriguées

Les FG et ESD ont mis en exergue l'impact de la variabilité climatique et, de manière plus générale, des conditions climatiques changeantes sur les ressources en eau, les aménagements et les cultures irriguées.

Ressources en eau

La baisse ou l'absence de pluies est le principal facteur affectant les ressources en eau dans la VFS. Dans le *diéri*, ainsi que les zones du Gandiolais et du Lac, les sécheresses récurrentes (7 à 9 saisons sur 10 selon les personnes interrogées) ont fait considérablement baisser le niveau de la nappe. Beaucoup de mares ont disparu dans le *diéri* de la Moyenne Vallée. « Quand on creuse, l'eau est salée » affirment les participants d'un FG réalisé à Gandiol. Les forages sont de plus en plus profonds, tarissent et se salinisent régulièrement cette zone. Des études récentes et en cours dans cette zone montrent d'ailleurs que l'abandon des puits est davantage dû à l'obstruction des crépines à cause de la précipitation des sels que de la conductivité de l'eau pompée elle-même.

Durant les périodes de sécheresse comme en 2017, le barrage de Manantali ne pouvant pas faire de lâcher, le fleuve et ses défluentés connaissent une forte baisse de niveau conduisant à des difficultés d'irrigation. Les FG et ESD à Bakel et Kanel ont souligné que la baisse fréquente du niveau des eaux de

¹²¹ Ba A. H. (2007). Mobilités sahéliennes : les processus contemporains des migrations. In : Acteurs et territoires du Sahel. Sociétés, Espaces, Temps. 260 p.

¹²² GERM (2018). Déterminants économiques et socio-anthropologiques des migrations dans les régions du Sud et du Sud-Est du Sénégal : Kolda, Kédougou et Tambacounda. GERM & Faits de Sociétés.

surface dans la Haute Vallée peut aller jusqu'à l'arrêt des cultures. Les cours d'eau du Dioulol et du Diamel connaissent en période de sécheresse ou en saison sèche des baisses rapides de niveau, avec pour conséquences des surcoûts d'exhaure et des pannes à cause de l'augmentation de la hauteur de pompage au-delà des capacités des motopompes. Le service régional de l'hydraulique de Saint-Louis indique que les sécheresses induisent des phénomènes de déjaugage et d'ensablement dans les forages de Matam dès le mois de décembre.

La concentration temporelle et spatiale des pluies accentue l'érosion, entraînant un ensablement du fleuve, de ses affluents et des mares, surtout au niveau de la Haute Vallée, comme le rapportent les participants des FG menés dans les zones de Matam et Bakel. Les fortes températures augmentent l'évapotranspiration, que le service régional de l'hydraulique évalue à 6-7 fois plus forte que l'infiltration. Les changements du climat limitent l'infiltration et la recharge de la nappe d'une part ; les sécheresses récurrentes entraînent une baisse significative des eaux du fleuve et de ses affluents d'autre part, avec un impact important sur les cultures de la Haute Vallée en particulier.

Aménagements

Les entretiens conduits avec le personnel de la SAED indiquent l'avènement de fortes pluies qui inondent les périmètres tous les 3-4 ans, ce qui est largement corroboré par les différents FG conduits de Bakel à Podor. Ces pluies sont source de sinistres et s'accompagnent de pertes, comme souligné par les riziculteurs du casier du Kollengal (zone de Bakel)¹²³ qui ont affirmé que la quasi-totalité du périmètre a subi une inondation pluviale et fluviale au cours de l'hivernage 2020 (sur 100 ha, seuls 3,5 ha n'ont pas été inondés). Outre ces inondations, les fortes pluies entraînent (i) une dégradation des berges des canaux, des digues et diguettes voire leur destruction, (ii) une augmentation des pertes d'eau latérales et de la percolation et (iii) des difficultés à planer les parcelles d'hivernage. L'absence de réseaux de drainage dans les aménagements à Matam et Bakel accentue cette vulnérabilité.

L'augmentation de la fréquence des inondations et des sécheresses questionne de plus en plus les normes d'aménagement et, *in fine*, les conditions de la durabilité technique des AHA. Le choix de diminuer les revanches dans les canaux d'irrigation et les drains, d'une part, et de limiter le compactage des cavaliers et digues d'autre part, essentiellement pour des raisons économiques, accentue la vulnérabilité des AHA aux conditions extrêmes. Les acteurs présents lors des FG ont par exemple souligné la faible qualité de certains périmètres PRACAS dont les aménagements terminaux ont été dotés d'un budget insuffisant ne permettant pas de retenir les options techniques les plus durables.

Riziculture

Exposition et sensibilité à la température et aux vents chauds. Les FG réalisés dans les 4 zones concernées (Bakel, Matam, Podor et Lac de Guiers), tout comme les ESD avec les responsables de la SAED, confirment la hausse des températures en saison froide (décembre et janvier). Les riziculteurs de la VFS l'ont très bien remarqué et ont donc ajusté leurs calendriers de semis pour en accroître la flexibilité, notamment en semant le riz de contre-saison chaude (CSC) de manière très précoce, dès janvier. Cependant la flexibilité des calendriers culturels se heurte aux contraintes financières et matérielles que rencontrent les producteurs pour le paiement des intrants et de la main d'œuvre ou la disponibilité des tracteurs et moissonneuses-batteuses. De plus, l'augmentation constatée des

¹²³ Périmètre situé au niveau de l'exécutoire du bassin versant du Kollengal, vaste cuvette qui se transforme en zone d'épandage pour les eaux de crues déversées par les marigots de Diamel et de Navel pendant la période des hautes eaux.

températures à d'autres périodes de l'année, en particulier entre avril et mai, entraîne des avortements et la stérilité des épis. Cela a été mentionné par les producteurs dans les zones de Bakel, Matam et Podor et lors de plusieurs ESD.

Le deuxième impact de cette chaleur en CSC est la forte évapotranspiration et l'augmentation de la fréquence des irrigations. Dans les zones de Matam et Podor, l'irrigation se fait présentement tous les 3 jours en CSC alors que la durée entre deux irrigations était de 7 à 10 jours auparavant. Dans toutes les zones étudiées, les riziculteurs indiquent une augmentation de la prolifération de nuisibles en lien avec la chaleur. L'atelier de Bakel et les ESD avec la SAED, l'ISRA et AfricaRice font de plus ressortir un problème de diminution de la qualité des graines, ainsi que celui de la désactivation des pesticides à cause des fortes températures.

Par ailleurs, une légère augmentation de l'intensité des vents chauds a été mentionnée dans toutes les zones d'étude. À Matam et Bakel, il est signalé que ces vents, souvent violents, provoquent la verse du riz, la baisse consécutive du rendement et de la qualité des grains.

Exposition et sensibilité à la pluie. Les barrages et l'irrigation ont permis de réduire la sensibilité de la riziculture de la VFS au manque d'eau, mais ce système de culture n'en demeure pas moins exposé à la pluviométrie. En effet, les fortes pluies et les pluies précoces entraînent des pertes de qualité de la production (pourrissement, mauvaise qualité du riz à décortiquer, etc.) surtout lors de récoltes sous l'eau, ce qui joue directement sur la sécurité alimentaire et les revenus agricoles des ménages.

Maraîchage

Les cultures maraîchères sont exposées à plusieurs manifestations du CC, à savoir l'élévation de température, les pluies tardives, le raccourcissement de la saison des pluies et les vents irréguliers. La sensibilité est toutefois faible dans la plupart des zones et modérée à forte en Haute Vallée.

Selon les informations collectées lors de cette étude auprès des producteurs et autres acteurs de la filière, l'augmentation des températures, constatée dans toutes les zones, a trois effets principaux : (i) la baisse de la productivité et des rendements, (ii) les pertes par pourrissement et la qualité moindre des productions maraîchères, et (iii) l'augmentation des coûts d'irrigation. Comme l'a par exemple signalé un conseiller agricole dans la zone du Lac de Guiers, la productivité du travail tend elle aussi à diminuer avec les fortes chaleurs : « *les producteurs maraîchers passent moins de temps au champ à cause de la chaleur* ».

Les cultures maraîchères sont très sensibles à la baisse de la pluviométrie et aux sécheresses. Les effets de ces deux phénomènes climatiques sont particulièrement forts dans les zones de Bakel et Matam. Les mares y tarissent en effet plus tôt et le niveau du plan d'eau devient rapidement faible en cours de campagne, surtout dans le Diamel ; en conséquence, les cultures ne peuvent pas boucler leur cycle ou le nombre annuel de récoltes est diminué.

Avec les sécheresses fréquentes, on estime, d'après les FG et ESD réalisés à Ndiakhar, Rao Peulh, Ndimb Wolof et Keur Momar Sarr qu'environ 40% des producteurs prennent le risque de pratiquer le maraîchage en hivernage dans le Gandiolais et la zone du Lac. Ils misent en effet sur l'absence très probable de pluies pour emblaver des cultures maraîchères ou démarrer plus tôt leurs pépinières. En cas de pluies, ils peuvent ainsi répéter plusieurs fois la pépinière (5 pots au lieu d'un en 2020 pour le chef du village de Rao Peulh, par exemple).

La perturbation du régime des vents et l'absence des grandes fraîcheurs de novembre à mars a un double effet. Les principaux effets positifs sont (i) la plus grande flexibilité dans la date d'implantation des pépinières et (ii) un choix de spéculation plus ouvert durant les différentes saisons. De multiples effets négatifs sont toutefois également notés par les producteurs maraîchers de la VFS : (i) la mauvaise levée des graines, (ii) des plantes qui versent avant maturité; (iii) la baisse de la croissance des bulbes d'oignons, (iv) des pertes de production sur les cultures les plus sensibles à la chaleur (choux, oignon et tomate), (v) l'accroissement des attaques par les nuisibles ; (vi) l'augmentation de l'évaporation et l'accélération de la remontée du sel dans les terres agricoles (zones salées du Delta).

Conclusion

Pour les cultures irriguées de la VFS, qu'il s'agisse du riz ou des cultures maraîchères, le CC se traduit par de multiples facteurs de baisse des rendements. Les pertes sont parfois importantes mais ne justifient pas encore l'arrêt de ces productions. La question se pose néanmoins dans l'avenir de la capacité des producteurs de la VFS à absorber l'augmentation des coûts de production (d'irrigation et de lutte antiparasitaire) qui découle de ces changements. Il s'agit là de l'impact majeur du CC sur les systèmes de culture irrigués, en particulier pour les cultures horticoles, qui nécessitent d'engager des fonds de roulement conséquents.

4.2.2 Sur les terres agricoles et systèmes de culture pluviaux

C'est lors de l'hivernage, de juillet à octobre, que sont produites les cultures pluviales. L'ensemble des FG réalisés indique une plus grande irrégularité des pluies et la réduction de la durée de cette saison, parfois de deux mois. Cela renforce l'exposition et la sensibilité des cultures pluviales à la sécheresse. D'après les producteurs interrogés, notamment dans les zones du Lac de Guiers et du Gandiolais, les cultures pluviales n'auraient pas bouclé leur cycle 9 années sur 10. Certains villages du *walo* de la Moyenne Vallée, comme à Gendar (zone de Podor), ont complètement abandonné l'agriculture pluviale, tandis que ceux du *diéri* la pratiquent encore, bien que les productions soient toutes fortement impactées. Le mil est la culture la plus sensible et a été quasiment abandonné dans les zones du Lac et du Gandiolais. Dans la zone de Matam, où elle est encore pratiquée, les récoltes de mil couvrent à peine 2 à 3 mois des besoins. Le niébé, la pastèque et le béréf sont dorénavant les cultures dominantes dans les zones du Lac, du Gandiolais et de Podor, mais les producteurs ne récoltent désormais le plus souvent que des fanes de niébé et d'arachide, à destination du bétail. La pastèque est la seule spéculation qui boucle son cycle ; 70% des terres de culture pluviale de la zone du Lac lui sont actuellement dédiées. Cependant, l'augmentation des vents chauds et secs et des températures entraîne une diminution des rendements de pastèque. La récurrence de la sécheresse a amené les populations d'éleveurs et de cultivateurs du *diéri*, d'habitude stables, à migrer vers les centres urbains.

L'occurrence plus fréquente de fortes précipitations, une à deux fois par an au lieu d'une fois tous les 3 ans en moyenne, comme l'a par exemple souligné un conseiller agricole de Keur Momar Sarr (zone du Lac), est le second facteur de CC qui impacte le plus les cultures pluviales. Dans la Haute Vallée, les fortes pluies entraînent l'érosion des sols, des inondations des cultures ainsi que la prolifération de ravageurs des cultures (chenilles, pucerons, insectes piqueurs et suceurs).

A ces CC se combinent des contraintes non climatiques, dont la difficulté d'approvisionnement en intrants, les oiseaux granivores, la divagation des animaux, la pression parasitaire et les adventices liées au manque de rotation des cultures (cf. section 4.3). Sur la base des informations collectées sur

le terrain et de la bibliographie, les zones où les systèmes pluviaux sont les plus vulnérables sont le Gandiolais, le Lac de Guiers et Podor, où la sécheresse est récurrente. Les zones de Matam et Bakel, quant à elles, reçoivent encore assez de pluies pour continuer l'agriculture pluviale à grande échelle.

4.2.3 Sur les terres agricoles et systèmes de culture de décrue

La plupart des ménages du *walo* pratiquent la culture de décrue sur le *walo* mais aussi sur les berges du fleuve (*falo*). Comme mentionné dans la section 2.4, le sorgho, le maïs et la patate douce sont les principales productions annuelles, mais on cultive aussi du niébé et d'autres cultures vivrières secondaires. Les FG indiquent une diminution de la durée de la crue et donc des surfaces inondées et cultivées en décrue depuis les grandes sécheresses. Les participants à ces FG estiment l'occurrence des crues « normales » à uniquement deux fois lors des 20 dernières années. Actuellement, seulement 20% du potentiel des terres du *walo* seraient exploités régulièrement selon eux, principalement en sorgho. Facteurs de vulnérabilité principaux pour les systèmes de décrue, l'irrégularité des crues et la réduction de son volume s'accompagnent de tendances très nettes en termes de surfaces cultivées et de productivité des terres :

- Les producteurs délaissent de plus en plus la culture de décrue au profit de la riziculture.¹²⁴
- Plusieurs parcelles restant longtemps sans être mise en valeur sont repeuplées d'arbustes et d'arbres (principalement d'*Acacia nilotica*). D'après les FG, environ 40% des terres de cultures ont été recolonisées par les ligneux.
- La durée minimum de crue pour une bonne humectation des terres du *walo* est estimée à 45 jours, ce qui advient plus rarement depuis la mise en place des barrages combinée aux sécheresses. L'état des sols qui en résulte impacte négativement la productivité.
- Les agriculteurs considèrent que les crues actuelles sont moins fertiles du fait de réduction de l'apport de limons du barrage. Selon les FG réalisés dans les 3 zones où se pratique la culture de décrue, la diminution des rendements est nette ; les récoltes actuelles couvrent au maximum 3 à 4 mois d'autoconsommation.

Il faut noter que la baisse de rendement qui caractérise les cultures de décrue n'est pas seulement liée aux changements hydro-climatiques mais aussi à la perte du capital semencier (cf. section 4.1.3).

Par ailleurs, dans la zone de Bakel, les cultures maraîchères sur berges (*falo*) sont impactées par les fortes chaleurs de fin de cycle, qui entraînent une baisse de production et l'émergence de ravageurs. Les vents chauds et secs apportent en outre du sable dans les cuvettes (*walo*), diminuant ainsi la capacité de rétention en eau du sol. Ces vents contribuent à ensabler le lit du fleuve et ses affluents d'une part, et favorisent la verse des tiges de sorgho d'autre part. Ils peuvent aussi réduire la capacité de grenaison des épis.

4.2.4 Sur les zones de pâturage et systèmes d'élevage

Dans la VFS, les principaux changements hydro-climatiques observés par les éleveurs sont en lien avec la variabilité climatique. Ces changements sont perçus de la même manière et produisent les mêmes effets sur les systèmes d'élevage des différentes zones d'étude. Il s'agit : (i) des épisodes répétés de

¹²⁴ Il convient de noter qu'en période de forte crue, à Matam, les surfaces de cultures irriguées de saison fraîche (notamment de maïs) baissent également.

sécheresse ; (ii) de la recrudescence d'autres phénomènes météorologiques extrêmes telles que les pluies hors saison et les inondations ; (iii) de la hausse des températures.

Les sécheresses. Les plus emblématiques sont celles de 1972 et de 1984. Depuis ces deux événements, la pluviométrie évolue en dents de scie et les éleveurs de la VFS font le constat d'une baisse tendancielle de la pluviométrie depuis plusieurs années. Les années 2014 et 2019 sont considérées comme des années particulièrement sèches par les éleveurs interrogés. Ces sécheresses sont chaque fois dramatiques pour les systèmes d'élevage extensifs. Elles ont des conséquences directes sur la quantité de biomasse naturelle des parcours. Les suivis annuels des campagnes et de ses incidences sur la biomasse, effectués par le Centre de Suivi Ecologique (CSE), attestent les constats des éleveurs, non seulement en ce qui concerne les variations interannuelles de la pluviométrie mais aussi le caractère de plus en plus irrégulier et imprévisible des variations intra-annuelles. Les bilans fourragers sont, comme la pluviométrie, en dents de scie, avec davantage d'années déficitaires que d'années normales et excédentaires dans le Nord du pays (CSE, 2017¹²⁵, 2018¹²⁶, 2019¹²⁷). Les dernières campagnes sont séquencées par des périodes sèches répétitives. Même si 2020 fut une année exceptionnellement pluvieuse, avec une nette amélioration de la végétation dans la région Nord (CSE, 2020)¹²⁸, ces dernières années, les systèmes d'élevage de la VFS sont confrontés à un manque de pâturages et la baisse de la qualité de ces pâturages. Les éleveurs de la zone de Matam parlent de la disparition de certaines espèces fourragères appréciées et l'apparition d'autres non appréciées et parfois nuisibles pour le bétail.

L'une des conséquences les plus désastreuses des sécheresses reste la mortalité des animaux : elles déciment des troupeaux entiers ou les affaiblissent au point de les exposer davantage aux maladies. Les services techniques de l'élevage, notamment la santé animale de Bakel, associent la faiblesse des animaux à la virulence des maladies. Lors des années sèches, la détérioration des termes de l'échange est plus prononcée et oblige les éleveurs à des déstockages massifs pouvant remettre en cause la viabilité des troupeaux. Pour les éleveurs de Matam, les périodes de soudure sont difficiles à surmonter quand le prix d'un petit ruminant ne peut valoir le prix d'un sac de mil.

Aussi, l'alimentation en eau des systèmes d'élevage extensifs de la VFS reposent encore pour une majeure partie de l'année sur la disponibilité des eaux de surface. Or, l'accès à l'eau du fleuve, du Delta à la Haute Vallée, et à celle du Lac de Guiers est devenu extrêmement difficile : les voies d'accès des animaux sont en effet obstruées par des cultures, particulièrement dans la zone de Bakel (et surtout pour les éleveurs les plus proches de l'agglomération de Bakel) ou par le typha à Ngnith (Lac de Guiers).

La recrudescence des phénomènes extrêmes. Il s'agit surtout pour les systèmes d'élevage des pluies hors saison accompagnées de vagues de froid inhabituelles. Les pluies de janvier 2002 marquent encore les esprits des éleveurs rencontrés lors de cette étude à Matam, le même phénomène s'étant d'ailleurs reproduit en mars 2012. L'épisode de 2002 avait engendré une mortalité brutale chez les petits ruminants et les bovins, particulièrement dans la zone de Matam, où il était dénombré 55 473 bovins et 414 583 ovins/caprins morts (Bureau de coordination des Nations Unies, 2002)¹²⁹. Le

¹²⁵ CSE (2017). Suivi de la production végétale. MEDD.

¹²⁶ CSE (2018). Suivi de la production végétale. MEDD.

¹²⁷ CSE (2019). Suivi de la production végétale. MEDD.

¹²⁸ CSE (2020). Suivi de la croissance de la végétation. Bulletin de la première décade du mois d'août 2020.

¹²⁹ Bureau de la coordination des Nations Unies (2002). Rapport de la mission inter-agences du système des Nations Unies dans le cadre de la catastrophe survenue dans les régions de Saint-Louis et Louga.

27 juin 2018 de fortes pluies accompagnées de vents violents et d'une baisse rapide et importante des températures, puis d'un manque de fourrage, ont entraîné la mort de 22 996 têtes de bétail (moutons, bœufs et chevaux) au Sénégal, dont une partie dans la VFS.

Outre ces pluies hors saison, les inondations subites (« flash flood » en anglais) affectent les systèmes d'élevage de la VFS. Ces inondations résultent souvent de précipitations violentes sur le bassin versant du fleuve, associés à des phénomènes torrentiels, des quantités très importantes d'eau pouvant ainsi être transportées sur des centaines de kilomètres, de l'intérieur du Ferlo vers la Moyenne Vallée. Il s'agit là pour les éleveurs d'un phénomène étrange et inattendu car ces inondations, sources d'accidents pour les animaux, ont lieu dans des espaces où il n'a pas plu.

La hausse des températures. Ce type de changement est repéré par la plupart des éleveurs rencontrés : les températures augmentent et les saisons froides sont plus courtes. Les éleveurs de Matam et ceux de Bakel ont systématiquement évoqué cette intensité de la chaleur. Il n'entraîne cependant pas d'effets aussi néfastes sur les systèmes d'élevage que la variabilité de la pluviométrie. Les avis des éleveurs sont parfois contradictoires, certains affirmant que ces chaleurs n'ont pas d'effets significatifs sur les animaux, alors que d'autres parlent des conditions éprouvantes de la conduite des animaux sur les parcours, du fait notamment des difficultés d'approvisionnement en eau pour les bergers et d'abreuvement pour les animaux, qui peuvent mourir de soif en cas de panne d'un forage.

La combinaison de ces différents changements hydro-climatiques entraînent globalement des conditions d'exercice de plus en plus difficiles pour l'élevage dans la VFS. Les acteurs que nous avons rencontrés évoquent, entre autres, les principaux impacts suivants :

- La disparition de certaines espèces d'herbes appréciées (*tadé, binndi, thélal, pebal, semban, siw, etc.*)¹³⁰ et l'apparition d'herbes toxiques ;
- L'émergence et la virulence des maladies du bétail (le *safo* a par exemple été cité lors de tous les FG avec les éleveurs de Matam et de Bakel) et la forte exposition des animaux aux épizooties ;
- La baisse de la fécondité des animaux ;
- Un départ précoce en transhumance, causant davantage de conflits que d'habitude, car les éleveurs arrivent dans les zones cultivées au moment où les champs ne sont pas encore libérés ;
- La récurrence des conflits, au sein même des communautés agropastorales, liés à la divagation des animaux dans les champs ;
- L'arrivée précoce des transhumants étrangers dans certaines zones, qui est à la fois source de surpâturage et éventuellement de nouvelles maladies ;
- Des risques accrus de famine pour les animaux, qui ingèrent par ailleurs des matières plastiques pour compenser le manque de fourrage ;
- L'insécurité alimentaire et nutritionnelle des populations pastorales et agropastorales, la baisse de productivité des troupeaux entraînant par exemple la réduction des quantités de lait disponibles, et l'état de faiblesse chronique des animaux produisant une viande de mauvaise qualité.

¹³⁰ Dénomination pular locale d'espèces végétales.

Dans ce contexte, la concurrence sur les ressources (eau et terre) devient forte, d'autant que l'extension des terres de culture continue dans la VFS. Les stratégies de réponse endogènes et les programmes d'appui gouvernementaux doivent prendre en compte la nécessité d'un renouveau du dialogue communautaire, car les mécanismes de régulation des tensions (POAS, conventions locales, unités pastorales) existantes sont à bout de souffle.

4.2.5 Sur les autres ressources naturelles et moyens d'existence

Ressources ligneuses

Dans le Gandiolais, le Delta et la Moyenne Vallée, les témoignages concordent pour reconnaître que l'augmentation de la chaleur et l'irrégularité du régime des pluies impactent les ressources ligneuses. On assiste de Gandiol à Matam à une diminution de la densité d'arbres ainsi qu'une réduction voire une disparition de la strate arbustive. Comme l'ont souligné plusieurs des paysans rencontrés lors de l'étude, « *seuls les grands arbres résistent* », en raison de la profondeur de leur enracinement. Sur le littoral, les coups de vent ont déraciné certains d'entre eux et on a assisté, en raison de la salinisation des sols depuis une quinzaine d'années, à la disparition progressive des goyaviers, des manguiers et des cocotiers. De même à Matam, on assiste d'une part à une disparition progressive des arbres fertilitaires et d'autre part à la diminution de la cueillette de fruits sauvages, ce qui semble indiquer une réduction de la strate arbustive non ligneuse. Si la réduction de la fréquence des crues, la divagation du bétail et la surexploitation des ligneux – tant pour le bois énergie que comme fourrage d'appoint pour les troupeaux – restent les causes premières du déboisement, l'aridification du climat et l'assèchement des sols réduisent la capacité de résilience et de régénération de la ressource ligneuse.

Ressources en sol

La salinisation des sols du Gandiolais s'accroît avec l'élévation du niveau marin, en cours d'accélération (en lien avec les CC globaux), combiné à l'ouverture de brèches dans la Langue de Barbarie, qui ont fait disparaître les eaux saumâtres de l'estuaire et ont provoqué une augmentation de l'amplitude des marées. Cette pression marine a augmenté depuis une vingtaine d'années la pénétration des eaux salées dans les nappes phréatiques jusqu'à près de 10 km à l'intérieur des terres. Par conséquent, le nombre de puits et de mares salinisés augmentent. Dans le Haut et le Bas Delta, et sur les terres sableuses du *diéri*, l'élévation progressive des températures de saison chaude et l'assèchement des horizons de surface provoquent la remontée capillaire de la nappe salée sous-jacente et la salinisation des sols sur plus de 30% des terres, et impose en compensation des labours profonds, une irrigation massive et un drainage soutenu. L'harmattan et les vents de sables associés provoquent une déflation des fractions argileuses et organiques des sols de surface. La combinaison du déficit d'apports organiques végétaux ou animaux et de l'utilisation croissante des engrais de synthèse conduit à une dégradation progressive de la fertilité du sol. Dans les zones inondables de la vallée, le déficit de limonage généré par la disparition progressive des crues réduit progressivement l'apport de matière organique détritique, qui fondait jadis la fertilité naturelle des sols et qui ne peut être compensé également que par une augmentation des engrais de synthèse, eux-mêmes facteurs à terme de baisse de fertilité.

Ressources halieutiques

Si la pêche se maintient dans le réservoir de Diama et le Lac de Guiers, partout ailleurs, de Bakel à Gandiol, la ressource halieutique diminue tant en biomasse qu'en biodiversité, comme en attestent les nombreux témoignages en ce sens recueillis lors des FG. L'augmentation de la chaleur élimine les espèces les plus fragiles. Les survivants se réfugient dans les zones les plus profondes (plus fraîches). Outre les facteurs climatiques, la modification profonde de l'hydro-système du fleuve Sénégal par les barrages, les aménagements et les brèches dans la Langue de Barbarie ont profondément accéléré la dégradation des écosystèmes halieutiques (cf. section 4.3.3). Les impacts des CC, combinés aux aménagements réalisés, ont provoqué la disparition des eaux saumâtre à l'aval du fleuve, des effets de chasse et des apports en phytoplancton à l'amont, ainsi que la disparition des mares à fonction de frayères, nurseries et nourriceries dans la Moyenne Vallée. Enfin, les derniers réservoirs halieutiques de Diama et du Lac de Guiers sont menacés par des taux de pollution croissants provenant du drainage des eaux agricoles chargées en intrants chimiques et en pesticides.

4.2.6 Synthèse sur la perception des risques hydro-climatiques et des effets du changement climatique

Les FG réalisés auprès des producteurs, conjugués aux entrevues avec les acteurs des principales filières agricoles dans les trois zones agroécologiques, ont permis d'identifier les principaux risques associés aux CC, ainsi que la manière dont ces risques impactent les filières au cours de ces dernières années. Concernant les types de changement ressentis au niveau du climat et des ressources en eau, les producteurs interrogés signalent principalement les éléments suivants :

- L'augmentation générale des températures sur toute l'année et des épisodes plus longs de fortes chaleurs, avec une saison froide (de novembre-décembre à février-mars) de plus en plus chaude et/ou marquée par des successions de périodes chaudes et froides ;
- Une tendance à des vents chauds et secs chargés d'aérosols de plus en plus violents au cours de la saison sèche ;
- Une tendance à l'irrégularité des pluies et l'occurrence de périodes prolongées de sécheresse associées à un raccourcissement de la saison des pluies, notamment dans le Delta (Gandiolois et Lac) et la partie aval de la Moyenne Vallée ;
- L'occurrence de pluies précoces et intenses qui provoquent des inondations et la submersion des cultures ;
- La faible amplitude des crues ou leur absence ;
- La baisse rapide du plan d'eau du fleuve Sénégal et de ses défluent et affluents (au niveau de la Haute Vallée et de la partie amont de la Moyenne Vallée notamment) ;
- L'élévation du niveau de la mer et l'intrusion marine, amplifiée par l'ouverture de la brèche dans le Gandiolois.

Il faut souligner que les producteurs ont tendance à se souvenir des risques hydro-climatiques les plus récents. A titre d'exemple, ils soulignent souvent l'abondance des pluies et les inondations survenues au cours de la saison des pluies 2020 ainsi que les dommages qu'elles ont occasionnés. La baisse des rendements du riz irrigué en saison d'hivernage, des cultures pluviales et de décrue, ainsi que le déclin des captures de poisson par exemple, ont été souvent évoqués par les producteurs du fait de la combinaison de certains risques climatiques auxquels ces impacts concrets sont associés.

La synthèse des aléas climatiques et de leurs impacts sur les principaux types de systèmes de production tels que perçus par les producteurs est décrite ci-après. La fréquence d'identification du risque est donnée en nombre de FG dans lesquels le risque en question a été identifié par rapport au nombre total de FG réalisés :

Riz irrigué

Aléas/risques hydro-climatiques	Fréquence d'identification du risque	Impacts observés/perçus
Augmentation des températures, épisodes plus longs de chaleur et saison froide de plus en plus chaude et/ou marquée par des successions de périodes chaudes et froides	7/8	Augmentation de la fréquence d'irrigation, de la quantité d'eau nécessaire et des charges d'irrigation (notamment Haute Vallée et dans l'amont de la Moyenne Vallée) Avortement à floraison, échaudage et mauvais remplissage des grains Perturbation des calendriers culturels
Pluies précoces intenses et inondations	6/8	Augmentation des surfaces de parcelles inondées et sinistrées Détérioration de la qualité des grains en cas de récolte de la CSC sous l'eau du fait de l'augmentation de la teneur en humidité du riz qui affecte le décorticage Difficultés à planer les parcelles d'hivernage Verse du riz, augmentation des pertes en riz due au pourrissement Endommagement des infrastructures hydrauliques entraînant des pertes d'eau par percolation et latérales Dégradation des pistes et routes de production, hausse du coût du transport et baisse des revenus Diminution des capacités des producteurs à rembourser les crédits de campagne agricole ou à faire de la double riziculture
Vents chauds et secs chargés d'aérosols	5/8	Hausse des phénomènes d'évapotranspiration, dessèchement rapide des sols et des cultures Avortement à la floraison et verse du riz
Raccourcissement de la saison des pluies	2/8	Augmentation du nombre d'irrigation de compléments et des coûts d'irrigation
Baisse rapide du plan d'eau du fleuve	1/8	Augmentation de la hauteur manométrique de pompage du fleuve, de la consommation d'énergie et des coûts de pompage d'eau dans la Haute Vallée (coûts 8 fois plus élevés que dans le Delta) Manque d'eau en fin de campagne et difficultés des cultures à boucler leur cycle

En outre, il a été noté dans pratiquement toute la VFS une tendance à la baisse des rendements du riz en saison d'hivernage. Cette baisse semble être liée à de nombreux facteurs dont l'installation tardive de la CSC (qui empiète ainsi sur la saison d'hivernage), les pluies intenses et précoces de début d'hivernage qui occasionnent des problèmes de planage des parcelles, des semis tardifs, la présence de nuisibles dont les insectes piqueurs suceurs des grains du riz, la coïncidence avec la période froide

des semis très tardifs d'hivernage. Enfin, si certains paysans expliquent que les rendements ont diminué à cause des évolutions du climat actuel, d'autres avancent d'autres facteurs comme la baisse de fertilité des sols, la mauvaise qualité des engrais et des semences, ce que la littérature tend à confirmer (Baldé et al., 2014).

Cultures maraîchères

Aléas/risques hydro-climatiques	Fréquence d'identification du risque	Impacts observés/perçus
Augmentation des températures et épisodes de fortes chaleurs	8/8	<p>Accroissement de la fréquence, des quantités et des coûts d'irrigation</p> <p>Rabougrissement des plantes, perte de fleurs, baisse de la croissance des bulbes d'oignons, échaudage des cultures sensibles à la chaleur comme la tomate, baisse de la qualité des légumes</p> <p>Baisse de la productivité des cultures les plus sensibles à la chaleur telles que la tomate, les choux et l'oignon</p> <p>Pourrissement plus rapide de certains légumes comme les choux et les tomates</p> <p>Augmentation de l'évaporation et accélération de la salinisation des sols (Gandiolois et Lac)</p> <p>Assèchement plus rapide du sol, baisse des productions</p> <p>Augmentation des attaques des cultures par des nuisibles</p> <p>Perturbation des calendriers cultureux</p>
Vents chauds et secs chargés d'aérosols	6/8	<p>Hausse de l'évapotranspiration et dessèchement rapide des sols et des cultures</p> <p>Augmentation de la fréquence et la quantité d'eau d'irrigation</p> <p>Enablement des mares et des points d'eau</p> <p>Enablement des jeunes plants</p>
Pluies tardives, irrégulières et raccourcissement de la saison des pluies	4/8	<p>Baisse de la recharge des nappes, tarissement précoce des mares et retenues d'eau</p> <p>Diminution du nombre de récolte par campagne (cas de la tomate et du piment)</p>
Pluies tardives	2/8	<p>Lessivage de nutriments</p> <p>Développement de maladies</p> <p>Destruction des pépinières et fonte de semis</p> <p>Augmentation de l'infestation des cultures</p> <p>Retard de préparation du sol et des pépinières de la contre saison froide</p> <p>Chevauchement entre campagne de saison d'hivernage et campagne maraichère</p>
Baisse rapide des plans d'eau du fleuve et des affluents ou défluent comme le Dioulol et le Diamel	1/8	<p>Augmentation du coût d'irrigation</p> <p>Manque d'eau en fin de campagne et difficultés à boucler le cycle des cultures</p>
Élévation du niveau de la mer et brèche	1/8	<p>Augmentation de la salinité des eaux</p> <p>Baisse des superficies des terres de cultures maraichères dans le Gandiolois</p> <p>Perte de biodiversité végétale</p>

La combinaison de ces facteurs rend plus vulnérables les cultures maraichères à certains ennemis des cultures (adventices, insectes, maladies). De plus, certaines conditions climatiques susmentionnées (chaleur, vents chauds et secs, pluies tardives, etc.) constituent des conditions propices au développement de certains ennemis des cultures ou encore altèrent l'efficacité des produits agrochimiques (pesticides, engrais).

Agriculture de décrue, agriculture pluviale, élevage et pêche

Aléas/risques hydro-climatiques	Fréquence d'identification du risque	Impacts observés/perçus
Pluies faibles et irrégulières avec des poches de sécheresse de plus en plus fréquentes et un raccourcissement de la saison des pluies	5/7	Cultures pluviales : déficits hydriques, problèmes de germination, de levée et de croissance des cultures, perturbation du calendrier cultural, mauvais remplissage des grains (mil, arachide) par inachèvement des cycles de culture, dégradation des terres agricoles (encroutement, glacis), apparition d'ennemis des cultures (ex : chenille <i>amsata</i>), quasi abandon du mil au profit des pastèques et du niébé dans le Delta et la partie aval de la Moyenne Vallée, baisse généralisée des rendements des cultures pluviales.
	2/3	Cultures de décrue : faible durée de la crue, diminution des surfaces cultivées
	4/6	Elevage : tarissement précoce des mares du diéri, rareté précoce du fourrage naturel et famine chez les animaux, apparition d'espèces végétales envahissantes non appréciées par le bétail, disparition de certaines espèces d'herbes appréciées, émergence de maladies, exacerbation des conflits entre agriculteurs et éleveurs
	2/5	Pêche : réduction des captures
Faible amplitude de la crue	2/3	Cultures de décrue : faible durée de la crue, cuvettes peu ou pas inondées, diminution des surfaces cultivées, diminution du limonage des champs de décrue du fait de la présence des eaux claires provenant de Manantali, baisse du rendement des cultures
	1/6	Elevage : moindre disponibilité des résidus de récolte pour le bétail
	2/5	Pêche : destruction des habitats, des zones de frayes, des nurseries et des nourriceries, tarissement précoce des mares non aménagées entraînant des pertes d'alevins, mauvaise qualité des eaux turbinées de Manantali peu chargées en phytoplancton
Vents chauds et secs en saison sèche et vents violents au cours de la saison des pluies	3/7	Cultures pluviales : ensablement des jeunes plants, assèchement rapide du sol, verse des cultures
	2/3	Cultures de décrue : érosion éolienne, ensablement de certaines terres du walo
	1/6	Elevage : mortalité de la volaille
	2/5	Pêche : érosion éolienne et ensablement des mares, des affluents et défluent du fleuve
Fortes chaleurs et augmentation de la température de l'eau	3/7	Cultures pluviales : augmentation de la pénibilité du travail
	1/3	Cultures de décrue : accroissement des infestations des cultures
	3/6	Elevage : pénibilité de la transhumance et allongement de sa durée, mortalité accrue du bétail (en particulier chez les juvéniles), mortalité élevée des volailles, augmentation de

		l'infertilité et des avortements, diminution de l'appétit des animaux
	2/5	Pêche : diminution de la biomasse (phytoplancton) et de la diversité des espèces, disparition des espèces de poisson pélagiques
Baisse rapide du plan d'eau du fleuve et des affluents/défluent	1/3	Cultures de décrue : difficultés à boucler les cycles de cultures
	2/5	Pêche : diminution de la taille et du poids des poissons, baisse des captures
Pluies abondantes et inondations (comme en 2020)	3/7	Cultures pluviales : risque d'infestation des champs par les chenilles <i>amsata</i>
	1/3	Cultures de décrue : accroissement des surfaces inondées et des superficies des terres cultivées en décrue
	2/6	Elevage : exposition aux maladies
	1/5	Pêche : inondation des cuvettes, des mares, des marigots et des lacs, reconstitution des habitats, des zones de frayes
Élévation du niveau de la mer	1/5	Pêche : sursalure des eaux, disparition d'espèces de poisson d'eau douce et saumâtre, ensablement du chenal du fleuve, disparition des zones de frayères

4.3 Les autres facteurs de vulnérabilité

4.3.1 Facteurs biotiques

Les facteurs biotiques comme les oiseaux granivores, les ravageurs et maladies de cultures, les mauvaises herbes, les plantes flottantes envahissantes comme le typha, rendent l'agriculture encore plus vulnérable dans la VFS.

La forte présence d'oiseaux granivores, principalement l'espèce *Quelea quelea*, est l'une des raisons de l'abandon de la culture du mil dans les zones du Gandiolais, du Lac et de Podor ; elle est également la principale menace pour la riziculture. La SAED considère que les oiseaux granivores font perdre 20% des récoltes. Non maîtrisés ces dernières années, ils sont un facteur majeur de vulnérabilité.

Certains insectes comme la chenille poilue du niébé et les pucerons sont endémiques sur les cultures pluviales comme le niébé et la pastèque. Chaque année, les pertes de semis ne font qu'augmenter, obligeant les producteurs à re-semer (de 1 à 3 voire 4 re-semis actuellement). Une fois tous les 10 ou 20 ans, les criquets pèlerins sont une menace pour les cultures dans l'ensemble de la VFS.

La monoculture maraichère développe une endémicité de maladies fongiques, nématodes, araignées rouges et autres insectes suceurs dans chacune des cinq zones d'étude. Dans ce registre, il faut noter la contamination des parcelles en monoculture de tomates par une bactériose. Le même schéma peut être décrit pour l'enherbement des parcelles. Dans le même ordre, les maladies fongiques de racines roses entraînent des pertes entières des cultures pluviales dans la zone du Lac. L'avènement des fortes pluies est un facteur de démultiplication de tous ces parasites et de ses effets néfastes sur les cultures.

La plante invasive *Typha sp.*, qui occupe le fleuve, certains défluent, des adducteurs, sur toute la zone du Delta, y compris le Lac de Guiers, est un facteur biotique d'aggravation de la vulnérabilité. Le typha consomme une somme considérable d'eau. Surtout, il encombre les chenaux d'irrigation et en réduit

le débit. Pour la pêche, la prolifération du typha est un facteur de raréfaction des poissons. Il est enfin un obstacle à l'accès à la bonne eau de breuvage des animaux domestiques, selon les éleveurs.

Les rats noirs coupent les plants de riz et réduisent significativement la densité des plants et des talles et, subséquemment la production. Ils apparaissent une fois tous les 10-20 ans. Les phacochères et singes aussi sont identifiés comme ennemis majeurs des cultures, surtout dans le contexte de clôture simple des champs par des branchages. Il en est de même pour les animaux domestiques.

Le cheptel est sujet à beaucoup de maladies comme la peste des petits ruminants, la péri pneumonie contagieuse bovine, la clavelée, la fièvre de la Vallée du Rift et plusieurs dermatoses.

4.3.2 Accès à la terre et aux autres moyens de production

L'accès à la terre se complexifie pour les populations de la vallée avec la croissance démographique (doublement de la population en 20 ans), l'inachèvement de la réforme foncière bloquée depuis 2017 et l'attribution (voire l'accaparement) de grands périmètres de terres « pionnières » dans le Delta et autour du Lac ou de « terroirs » dans la vallée à des grands propriétaires privés nationaux ou des entreprises étrangères. Ces opérateurs de l'agro-industrie visent trois types de terres : (i) les terres du *diéri* dont l'acquisition pénalise les éleveurs ; (ii) les terres salinisées où il leur a été recommandé par la recherche de pratiquer des drainages profonds ; (iii) les terres communautaires, comme à Demette ou Fanaye, génératrices de conflits violents avec les populations. Ces opérateurs font ce que l'on pourrait qualifier de production agro-chimique mécanisée et irriguée avec des technologies à retour sur investissement accéléré.

Aussi on assiste à une multiplication des compétitions d'occupation et d'usage entre, par exemple, les espaces de : (i) cultures pluviales, maraichères, aires de stabulation et itinéraires de déplacement des troupeaux notamment pour l'accès aux points d'eau (Bakel et Lac de Guiers) ; (ii) culture irriguée et culture de décrue (Matam) ; (iii) riziculture et maraichage (Bakel et Matam).

L'accès aux moyens de production se complexifie aussi avec l'aggravation des inégalités sociales entre les types de producteurs, notamment depuis le développement de l'irrigation. Les besoins des populations rencontrées en matière d'infrastructures et d'équipements se sont exprimés comme suit :

- Pour la culture irriguée, de nombreux aménagements (digues, diguettes), vannes et ouvrages sont vétustes ou mal faits ou dysfonctionnels (Podor) ;
- En matière d'hydraulique, l'enherbement, l'ensablement et l'occlusion des défluent, chenaux et canaux sont importants et nécessitent curages et faucardages, tant dans la vallée (Matam) que dans le Delta ;
- Pour la culture de décrue, il y a un manque important d'ouvrages de contrôle de la décrue dans les cuvettes de décantation (Matam) ;
- Pour l'activité de pêche, il n'y a pas de débarcadères équipés de magasins de conservation, peu de pirogues et de moteur (de Bakel à Podor).

Un aspect des stratégies de sécurisation économique des populations de la VFS est la pluriactivité et notamment le développement de la vente de produits collectés et transformés par les femmes (lait, yaourts, fruits, sirops, savon, légumes, coquillages, etc.). C'est un segment de l'économie du fleuve qui se développe de plus en plus. Mais il est limité pour ces femmes artisanes ou entrepreneuses par leur difficulté d'accès : (i) au foncier et à la décision sur les choix de valorisation de leur terre afin de pouvoir

développer leurs activités de récolte, de transformation et d'écoulement de leurs produits ; (ii) au crédit, trop limité aujourd'hui en raison de taux d'intérêts trop élevés ou de délais de remboursement trop courts ; (iii) aux équipements d'irrigation ou d'arrosage (motopompes) pour leurs périmètres maraichers ; (iv) aux magasins et matériels de stockage, de conservation, de conditionnement pour la transformation ; (v) aux moyens de transports adaptés pour rallier les marchés d'écoulement de leur production fraîche ou transformée.

Enfin, deux autres moyens de production entravent considérablement les capacités d'investissement des petits producteurs : la mauvaise qualité des intrants (subventionnés) notamment des semences et les coûts d'électricité ou du carburant.

4.3.3 Effets des aménagements

La gestion de l'eau est la clé de voute de l'écosystème de la VFS et de tous les systèmes d'activité qui en dépendent. Les trois grands aménagements qui régulent le régime hydrologique du fleuve et de sa crue sont le barrage de Manantali, le barrage de Diama et les brèches qui ont été ouvertes dans la Langue de Barbarie à l'embouchure.

Tous les témoignages des populations riveraines du fleuve, de Bakel, Matam et Podor s'accordent sur une trop faible amplitude de la crue (9 années sur 10), une durée trop courte de la submersion des terres et une baisse trop rapide du niveau du fleuve pendant la décrue, impactant la riziculture irriguée, les cultures de décrue, le maraichage et la pêche. A Bakel, ils témoignent d'un assèchement trop rapide des parcelles, d'une baisse du niveau de production des cultures irriguées, d'un tarissement précoce des mares qui entraîne la mort des alevins et des juvéniles et compromet la reconstitution des stocks de pêche. Les années pluvieuses en revanche, comme en 2020 (1 année sur 10), les populations témoignent d'une destruction des casiers, digues, diguettes et pistes de production en raison de la brutalité des lâchers d'eau du barrage dans le fleuve. A Matam, outre la diminution de la durée de la crue, et la décrue trop rapide, les usagers du fleuve témoignent de la pauvreté des eaux en limon et en phytoplancton. Ces différents facteurs provoquent le tarissement précoce des mares non aménagées, la diminution des surfaces de terres cultivées en décrue, la fragilisation des populations de poissons et la disparition de certaines espèces. Ceci génère également une augmentation des coûts de pompage, ainsi que l'allongement des périodes d'irrigation de complément des cultures. Les producteurs préconisent, pour conserver l'eau plus longtemps, l'amélioration de la gouvernance des ouvrages de contrôle de décrue. A Podor, la brièveté de la submersion des cuvettes de décrue et la pauvreté des eaux en limon rend la culture de décrue aléatoire et dépendante des années les plus humides, telles que 2018 ou 2020 qui ont vu augmenter significativement les superficies cultivées en sorgho et niébé de décrue.

Le régime hydrologique du Lac de Guiers est réglé par les lâchers d'eau du barrage de Diama et les rejets d'eau de la CSS dans la Taouey. Le remplissage permanent en surcote du réservoir de Diama rend le niveau des eaux du Lac de Guiers et des défluent qui lui sont raccordés relativement stable. Cette inondation permanente d'eau douce stagnante a réuni les meilleures conditions d'un développement de plantes aquatiques envahissantes, dominées par le typha. Les populations témoignent d'un enherbement, un encombrement voire une occlusion des chenaux défluent et canaux d'irrigation qui réduit leur hydraulicité. Ils témoignent aussi d'une sédimentation du lac, d'une raréfaction du poisson, d'une diminution des frayères et de l'effondrement de la fécondité des poissons.

Enfin les brèches qui ont été ouvertes dans la Langue de Barbarie ont provoqué une salinisation des eaux de l'estuaire et une amplification de la marée. Les populations ont témoigné d'une érosion accrue des berges, d'une salinisation des puits, des mares et du sol et donc des nappes phréatiques du terroir du Gandiolais sur près de 6 km à l'intérieur des terres. Les pêcheurs ont témoigné d'un effondrement des taux de capture et d'une disparition des espèces d'eau saumâtre.

4.3.4 Dynamiques socio-démographiques

La population des trois régions drainées par le fleuve était estimée à 2 061 515 habitants en 2013 (contre 1 030 488 habitants en 2002), soit 16% de la population du pays. Le taux de croissance est de 2,6%. Entre 1945 et 1975 la population de la vallée est restée stationnaire tandis que les communautés du fleuve émigrées se sont accrues continuellement. Le retard du taux d'aménagement dans les années 1990-2005 a continué d'amplifier la migration. Sur la même période, les surfaces cultivées ont régressé (Lericollais, 1975)¹³¹. En l'espace de 50 ans, la population rurale résidente a doublé voir triplé dans les zones riveraines du fleuve¹³².

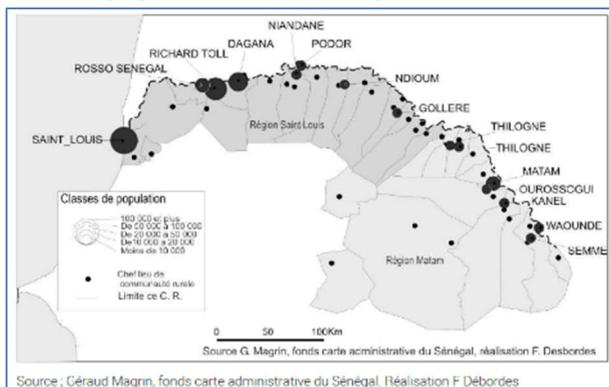
Plus de la moitié a moins de 20 ans et le sexe-ratio est déséquilibré en faveur des femmes dans les départements de Saint-Louis, Podor et Matam. Le dernier recensement indique en effet les taux de masculinité (nombre d'hommes pour 100 femmes) suivants : Saint-Louis 99/100 ; Dagana 106/100 ; Podor 95/100 ; Matam 97/100 ; Bakel 102/100. La population est inégalement répartie et la densité contrastée (cf. Figure 33). Au centre du Delta, en 1960, elle était inférieure à 1 hab./km². Elle est aujourd'hui comprise entre 30 et 60 hab./km². Avec la multiplication des périmètres irrigués, la vocation agricole du Delta s'est vraiment affirmée au cours des 30 dernières années. Néanmoins, les effets de cette pression démographique croissante sur la ressource foncière sont mal évalués. Les populations rencontrées lors de cette étude, comme à Gankette près du Lac de Guiers, ont témoigné de leur inquiétude de voir les terres se morceler, les possibilités d'accès à la terre diminuer, les temps de jachère et de rotation des cultures en pluvial diminuer également.

On assiste dans l'ensemble de la vallée au développement d'un chapelet de moyennes agglomérations autour de celui des routes et des marchés, en lien également avec celui des infrastructures d'eau, d'électricité, des établissements scolaires et de santé, des couvertures téléphoniques cellulaires et d'internet. Cette évolution favorise les échanges avec l'extérieur pour les besoins familiaux et économiques, ainsi que les mobilités. La population de la VFS est ainsi de moins en moins isolée.

¹³¹ Lericollais A. (1975). Peuplement et migrations dans la vallée du Sénégal. Cahiers ORSTOM, Série Sci. Hum., vol XII, n°2, 123-135.

¹³² La plupart des hameaux édifiés pendant la sécheresse se sont localisés à proximité des points d'eau. La reprise de la pluviométrie a révélé que les nouvelles habitations ont été construites en zones inondables.

Figure 33. Répartition de la population dans les départements riverains du fleuve Sénégal.



Source : Wade & Wade, 2018.¹³³

Nomade à 75% dans les années 1960, la population est aujourd’hui sédentaire à près de 90%¹³⁴. Les ressources des ménages générées par la migration ont compensé celles de l’exploitation des ressources naturelles. Les dynamiques migratoires se caractérisent par une importante mobilité saisonnière vers les zones pourvues en produits non ligneux (gomme arabique, paille de brousse, fruits divers) ou les villes pour compléter le revenu familial. Les transhumances perdurent au gré de la disponibilité en eau et pâturages. En revanche, la diversification de l’économie domestique rurale diminue la place des activités d’agriculture et d’élevage. L’impact de l’aléa pluviométrique sur l’émigration de longue durée n’a cessé de diminuer.

4.3.5 Encadrement et organisation des producteurs

L’agriculture requiert l’utilisation de diverses techniques et technologies (nouvelles ou pas) et un partage d’espace ou de ressources, ce qui nécessite un encadrement et une organisation des producteurs. Dans la VFS, l’acteur structurant de l’encadrement agricole est la SAED, à côté de laquelle se trouvent d’autres acteurs procurant un accompagnement plus ponctuel et circonscrit à certaines filières, notamment au travers de projets. Malgré les programmes de professionnalisation mis en œuvre depuis plusieurs années (dont le PSAOP), la LOASP récente avec les appuis du FNDASP aux filières (tomate, patate douce, oignon, riz) et l’abondant portefeuille de projets de la SAED, les faiblesses dans l’encadrement constituent encore des facteurs aggravant la vulnérabilité des agriculteurs de la vallée.

Dans la VFS, les agriculteurs des périmètres utilisant le même axe hydraulique sont organisés en unions hydrauliques, elles-mêmes organisées en GIE. Le schéma collectif actuel est l’existence de grands périmètres à l’intérieur desquels les exploitants possèdent de petites parcelles de 0,4 hectare. Les chefs d’exploitation sont souvent âgés du fait que la distribution des parcelles a été faite depuis 20 à 30 ans ; les femmes et les jeunes ménages ne sont pas attributaires. La majorité des unions sont présidées par des personnes âgées appartenant à une certaine classe sociale. Les faiblesses organisationnelles ont tendance à déteindre sur les capacités techniques de prise en charge des besoins de gestion de l’eau, de l’énergie, des crédits, de l’accès aux semences et produits

¹³³ Wade Cheikh Samba et Wade Aboubacky (2018). La migration, facteur urbanisant et de développement socio-territorial dans la vallée du fleuve Sénégal. Etudes Caribéennes 39-40.

¹³⁴ GRDR (2014). Atlas de la moyenne vallée du fleuve Sénégal.

phytosanitaires. En particulier, les producteurs ont peu de maîtrise du calendrier d'approvisionnement en semences et engrais, avec un impact souvent négatif sur la conduite culturale.

Les crédits de campagne étant collectifs, les mauvais payeurs pénalisent les bons payeurs. En conséquence, plusieurs périmètres sont à l'arrêt ou ceux bien organisés ont suspendu les contrevenants. La faible structuration des organisations entraîne ainsi un manque d'accès au crédit formel, un recours au crédit usurier, une incapacité de certains producteurs à financer les deux campagnes et une moindre mise en valeur des terres en hivernage. Elle accentue aussi les difficultés d'approvisionnement en semences de bonne qualité. La planification collective des opérations culturales, y compris celles nécessitant la location de matériel et équipement, montre également les défaillances organisationnelles des unions et GIE, qui peinent à s'autonomiser autant en équipement qu'en compétences dans la maintenance des engins.

La SAED a mis en place un dispositif d'encadrement au niveau des délégations. D'autres structures de développement rural ont affecté des agents de vulgarisation agricole dans les centres d'appui au développement local (CADL). La SAED a entamé deux réformes pour davantage se rapprocher des producteurs ; il s'agit de sa restructuration pour s'adapter à la configuration des collectivités territoriales et éviter des chevauchements. Elle met aussi en place une plateforme digitale d'interaction entre producteurs, la recherche et l'encadrement afin de pouvoir directement formuler des e-conseils aux unions hydrauliques et aux exploitants privés. Les FG réalisés lors de cette étude ont toutefois mis en exergue l'insuffisance de l'encadrement technique voire son inexistence pour les productions maraichères des zones du Gandiolais et du Lac. Les éleveurs et les pêcheurs, « parents pauvres » des politiques agricoles, sont laissés pour compte dans les systèmes d'encadrement. Il faut néanmoins noter que les projets ASAMM/APEFAM et AIDEP ont permis de développer une approche centrée autour des communes et une meilleure prise en compte des préoccupations tant agricoles que pastorales ou halieutiques.

4.3.6 Financement et accès au crédit

Le financement de l'agriculture dans la VFS provient à la fois de fonds publics et privés, avec un poids prépondérant de l'investissement public. Les mécanismes de financement des campagnes concernent essentiellement les spéculations riz et tomate, et dans une moindre mesure l'oignon et la pomme de terre, les autres productions ne bénéficiant pas de schéma de financement particulier.

La Caisse Nationale de Crédit Agricole du Sénégal (récemment renommée La Banque Agricole ou LBA) est l'un des acteurs majeurs du financement dans la VFS : elle pèserait pour environ 80% du financement global sur le riz, et jusqu'à 90% voire 95% sur la tomate¹³⁵. Des institutions de microfinance (CMS, PAMECAS, ACEP, etc.) financent aussi les exploitations agricoles familiales, mais de manière irrégulière. L'une des stratégies d'adaptation des exploitants est le recours au crédit octroyé par des privés, qui commence à prendre une part importante. Selon LBA, pour la campagne de riz de contre-saison chaude 2020, sur les 894 organisations paysannes de la VFS qui avaient fait des demandes de crédit, 834 (soit 93%) ont bénéficié d'un financement, pour un montant global de FCFA 8,9 milliards. La plus grande partie du financement au niveau de la VFS est destinée à la filière riz, avec

¹³⁵ D'après les informations fournies par la direction Zone Nord de LBA.

plus de FCFA 15 milliards par an. Par ailleurs, Leroy (2011)¹³⁶ signale que de plus en plus d'exploitants de la VFS s'autofinancent ou passent par d'autres formes d'emprunt (par exemple, les emprunts informels, via les commerçants) sans passer par le crédit agricole. Plusieurs FG réalisés lors de cette étude confirment cette tendance. De nombreuses catégories de producteurs de la VFS, dont les éleveurs, les pêcheurs et les jeunes agriculteurs restent toutefois exclus des mécanismes d'accès au crédit, qu'ils soient formels ou informels.

Sur un total de 10 focus group et de 5 ESD qui abordent spécifiquement la question du financement, 30% considèrent que les modes de financement non adaptés au calendrier cultural, l'absence de financement à moyen long terme, les taux d'intérêt élevés et la mise en place tardive du financement sont les principales difficultés liées au financement.

Figure 34. Diagnostic des contraintes liées à l'accès au financement de l'agriculture dans VFS.

Contraintes identifiées	Effets/impacts ressentis par les producteurs/productrices
Délais de remboursement du crédit agricole non adaptés à la campagne agricole	Augmentation de la proportion de producteurs endettés Méfiance grandissante entre secteurs agricole et financier, entravant les efforts d'innovation
Taux d'intérêt élevé voire usurier	N'incite pas le recours au crédit agricole
Absence de crédit de moyen terme et de long terme	Limite l'intensification agricole Méfiance entre secteurs agricole et financier entravant les efforts d'innovation
Insuffisance des crédits de campagne	Augmentation des détournements d'objectifs
Mise en place tardive du financement à la suite de longues négociations avec La Banque Agricole	Retard de mise en place de la campagne agricole Non-respect du calendrier cultural
Faible accès des femmes et des jeunes au crédit agricole	Moindre capacité d'intensification de la production agricole pour ces groupes
Faible capacité financière et d'accumulation de capitaux	Maintien des producteurs dans une situation de dépendance vis-à-vis des financements extérieurs Faible capacité à aller vers des exploitations agricoles de plus grande taille et diversifiées Pauvreté qui ne permet pas, à son tour, l'autofinancement
Retrait du financement des intrants (engrais et semences) et des coûts hydrauliques	Réduction des capacités productives
Endettement récurrent des producteurs	Affaiblissement du système productif Empêche la réalisation de l'objectif d'autosuffisance en riz
Caution solidaire	Augmentation de la méfiance des producteurs vis-à-vis du secteur financier

4.4 Vulnérabilités spécifiques aux femmes, aux jeunes et aux groupes sociaux marginalisés

4.4.1 Les inégalités d'accès au foncier

Comme indiqué dans la section 2.9, l'accès aux terres agricoles est problématique pour la plupart des productrices de la VFS, et ce malgré leur rôle primordial dans la production, la commercialisation

¹³⁶ Leroy X. (2011). Crédit et production agricole dans la vallée du fleuve Sénégal. Chapitre d'un livre à paraître chez L'Harmattan. Patrick Pillon. La question alimentaire dans la mondialisation : le cas de l'agriculture sénégalaise. Collection Questions contemporaines, série Globalisation et sciences sociales

agricole et la transformation alimentaire. Les inégalités d'accès au foncier entre les hommes et les femmes ont été confirmées lors des entretiens réalisés, quelle que soit la zone agroécologique concernée. Du Gandiolais à Bakel, les productrices n'accèdent facilement aux terres qu'en collectif, sous forme de groupements féminins. Cela leur permet certes de demander des attributions de terres au niveau des communes, avec toutefois la condition que le groupement bénéficiaire soit appuyé par un projet ou un service de l'Etat. De plus, cet accès à la terre demeure précaire s'il n'est pas formellement légitimé par un acte de délibération administratif au nom du groupement ; or les attributions formelles de ce type restent très souvent liées à des projets de développement. Comme souligné par la présidente d'un groupement de femmes à Nguendar Peul (Podor), ce groupement éprouve des difficultés à exploiter toutes les surfaces octroyées par le conseil municipal à cause d'un problème d'accès à l'eau, mais aussi d'oppositions entre hommes et femmes de ce village.

Les inégalités d'accès au foncier induisent des inégalités dans les capacités à faire face aux effets du CC. En effet, la mise en œuvre de certaines stratégies d'adaptation telles que la pratique des cultures irriguées, l'intégration des cultures fourragères dans les systèmes de production, la diversification des cultures ou encore le parage du bétail nécessitent d'avoir un accès sécurisé au foncier.

Les problèmes d'accès au foncier s'appliquent également aux catégories de jeunes hommes et femmes¹³⁷. Dans la VFS, les descendants d'anciens propriétaires terriens détiennent en effet une bonne partie du foncier, qui se transmet de génération en génération grâce à l'héritage. Or, d'autres citoyens (souvent des jeunes, des castes de serviteurs, des femmes, etc.) sont privés de tout accès à cette ressource. Les jeunes et couches sociales défavorisées ne cessent de décrier ces déséquilibres¹³⁸. Certains de nos interlocuteurs attestent que les terres sont en général gérées par des patriarches héritiers, tandis que les jeunes sont seulement mobilisés au titre de la main-d'œuvre et peinent à trouver des terres à leur nom. Au Fouta, dans la Moyenne Vallée, la terre est un bien familial géré par le chef de famille, dont la plupart sont âgés. La situation a été résumée en ces termes par un homme de 30 ans interrogé à Ndiébène Gandiol : « *Nous avons un réel problème d'accès aux terres ici à Gandiol. Déjà qu'avec la salinisation des terres, plusieurs villages ont perdu tous leurs champs, les producteurs sont obligés d'aller loin louer des terres. Notre situation devient plus critique car même avant la perte de ces terres, nous n'avions pas de surfaces qui nous appartenaient. Tout est géré par les adultes chefs de ménages. C'est notre société qui est ainsi organisée.* ».

4.4.2 Les inégalités d'accès aux autres ressources et moyens de production

Accès au financement. Au Sénégal, malgré une prolifération des structures de financement, on note une insuffisance voire une inadaptation des services offerts par les institutions de microfinance (IMF) aux populations rurales. Dans les trois zones d'étude, les femmes et les jeunes affirment que beaucoup ne prennent pas de crédit dans les banques ou les mutuelles car les taux d'intérêts sont trop élevés pour eux qui n'ont pas autant de moyens que les hommes détenteurs de vastes périmètres. Pour d'autres, les procédures d'octroi sont longues et les crédits sont libérés après les dépenses de début de campagne. Aussi, le délai de remboursement est trop court car non calibré sur la totalité de la durée des campagnes, jusqu'à écoulement des productions. Cette situation engendre un cercle vicieux pour les femmes, les jeunes et les autres catégories défavorisées car les détenteurs de grandes surfaces

¹³⁷ Dans cette étude, est considérée comme « jeune » toute personne de sexe masculin ou féminin de moins de 35 ans et qui vit sous la responsabilité du chef de ménage.

¹³⁸ IPAR/CNCR (2019). Accès des femmes à la terre au Sénégal : Quelques leçons tirées de l'étude de base « Promotion d'une gouvernance foncière inclusive par une amélioration des droits fonciers des femmes au Sénégal ».

agricoles produisent plus, bouclent leur campagne en premier, détiennent plus de liquidités et ont plus de facilité à rembourser leurs crédits. Dans la zone de Bakel par exemple, malgré la mobilisation de revenus additionnels ou complémentaires pour pallier les insuffisances de la production agropastorale par les transferts d'argent des émigrés, les personnes enquêtées ont révélé que les conditions d'accès et de remboursement des crédits sont trop contraignantes.

Accès aux intrants. Le manque d'accès aux intrants agricoles des femmes et des jeunes s'explique en partie par le fait que les hommes ont le monopole de la prise de décision au sein des ménages et au niveau de la communauté (chefs de villages, présidents d'OP, etc.), et servent donc en premier lieu leurs propres intérêts. De plus, les femmes et les jeunes n'ont généralement pas les liquidités suffisantes ni l'accès au crédit pour pouvoir acheter des intrants. Enfin, les femmes n'ont pas la possibilité de se déplacer pour acheter des intrants, qui ne sont pas toujours directement disponibles au sein des villages.

Accès à l'eau. Ressource indispensable à la production agricole de saison sèche, l'eau est difficile d'accès pour les femmes et les jeunes. Parmi les effets du CC liés à la baisse de la pluviométrie, les femmes interrogées insistent notamment sur la disparition des mares dans le *dieri*, la baisse du niveau d'eau dans les puits et l'absence de crue. Dans tous les sites visités, les femmes identifient l'accès à l'eau comme leur principale contrainte actuelle. Dans la zone du Lac de Guiers, où l'eau est pourtant disponible en quantité grâce au lac, il se pose néanmoins un problème d'accès à une eau de qualité. Les voies d'accès sont en outre obstruées par les champs et le typha.

Accès à la main d'œuvre. Dans les différentes zones de la VFS, la faible disponibilité de la main-d'œuvre est une contrainte forte pour les productrices, qu'il s'agisse de la main-d'œuvre familiale (enfants) ou externe (ouvriers agricoles). Dans plusieurs zones comme le Gandiolais, Matam ou Bakel, le fort taux d'émigration explique en partie le manque de main-d'œuvre. Avec la scolarisation qui s'étend un peu partout dans la vallée, les enfants vont presque tous à l'école et participent aux activités agricoles en fonction de leur disponibilité. Pour les travaux qui demandent plus d'efforts physiques, les femmes sont aidées par des hommes membres de leur famille, toutefois selon leur disponibilité. Elles se retrouvent donc bien souvent seules face à de lourdes tâches agricoles. Celles qui en ont les moyens font appel à des ouvriers agricoles, dont le coût est jugé élevé par rapport à une productivité parfois faible. Selon les femmes interrogées lors de l'étude, la faible disponibilité de la main-d'œuvre limite en outre la possibilité de diversifier les moyens d'existence, qui permettrait pourtant de contrecarrer en partie les effets du CC.

Manque de formation et d'accès à l'information. Les programmes de renforcement de capacités sont souvent captés par les hommes, qui sont majoritaires dans les instances de décision comme les conseils municipaux. Parmi les femmes rencontrées lors de cette étude, certaines ont bénéficié de formations portant le plus souvent sur la transformation (produits laitiers, produits céréaliers, produits halieutiques, etc.). Quelques-unes ont suivi des cours d'alphabétisation dans le cadre de programmes visant l'autonomisation des femmes. Cependant, la grande majorité des femmes interrogées n'a jamais suivi de formation et encore moins une portant sur les CC. Les femmes et les jeunes de la VFS sont également très peu voire pas du tout formés sur les différentes stratégies d'adaptation possibles face aux effets du CC. Leurs stratégies actuelles reposent donc largement sur des savoirs locaux, qui ne permettent pas toujours de faire face de manière optimale. Cela concerne notamment la gestion du calendrier cultural (en particulier les dates de semis) et l'accès à des données météorologiques

fiables, comme l'a fait remarquer la présidente du groupement des femmes de Thioffy/Podor : « *Nous, c'est ce qu'on connaît, depuis toujours on sème après les premières pluies mais maintenant tout est mélangé ; tu peux semer après les premières pluies pensant que la saison va se dérouler normalement et on note une pause des pluies pendant longtemps avant de reprendre. Ceci ne fait qu'augmenter nos pertes. Des fois, il y en a même qui reprennent le semis. C'est vraiment compliqué maintenant de comprendre les saisons* ».

4.4.3 Autres facteurs de vulnérabilité

L'ouverture de la brèche à Saint-Louis est le principal facteur non climatique de vulnérabilité des femmes et des jeunes du Gandiolais. Les conséquences de l'ouverture de cette brèche se manifestent très concrètement depuis son ouverture en 2003. Avant 2003, les femmes produisaient beaucoup de fruits et légumes qu'elles écoulaient dans les grands marchés de Saint-Louis et de Dakar. L'intrusion marine et la salinisation des eaux et des terres agricoles qui découlent de la brèche ont entraîné l'abandon du maraichage par les femmes dans cette zone. La brèche est également à l'origine de la disparition de villages entiers, avec leurs habitations et leurs champs. C'est le cas de Doun Baba Dieye, Keur Barka et Pilote (comme indiqué lors d'un FG avec des femmes de Ndjébéne Gandiol). Les eaux des puits sont devenues trop salées pour servir dans l'agriculture, l'élevage ou la consommation des ménages. Les populations se sont vues obligées d'exploiter des terres qui sont éloignées des villages ou d'abandonner leurs activités traditionnelles.

Ces données du terrain corroborent bien les observations faites dès 2011 par Sall et al. auprès des producteurs du Gandiolais : « *Avant que les terres ne commencent à se dégrader, je cultivais de l'oignon mais actuellement les terres exploitables sont de plus en plus éloignées. Ceux qui n'ont pas les moyens de louer des terres sont contraints d'abandonner l'agriculture et de se lancer dans les activités de commerce, de tissage ou de teinture* »¹³⁹. Les femmes sont d'autant plus fortement touchées par ces changements et ces problèmes d'éloignement des parcelles cultivées qu'elles doivent assumer des responsabilités au niveau du ménage, qui leur imposent une présence physique au domicile. D'après les FG réalisés dans le Gandiolais, on note par ailleurs une forte présence de l'émigration clandestine dans cette zone. Les candidats sont des jeunes qui ont perdu espoir suite à la détérioration du niveau de vie, causée selon les participants principalement par l'ouverture de la brèche, combinée aux effets du CC.

Les normes culturelles et les responsabilités familiales réduisent la mobilité des femmes et donc leur capacité à s'adapter aux nouvelles conditions climatiques ou à des chocs soudains, qu'il s'agisse d'émigrer hors de la VFS, de changer de lieu de résidence pour améliorer leurs conditions de vie ou encore de trouver refuge ailleurs suite à une catastrophe. A défaut de pouvoir recourir à de telles stratégies de mobilité, les femmes sont très souvent amenées à augmenter leur temps de travail pour assurer les besoins de la famille. Elles devront, par exemple, parcourir des distances plus longues pour aller chercher de l'eau potable et du bois de feu. Cela réduit potentiellement le temps qui pourrait être accordé à la formation, à l'éducation, au développement des compétences ou tout simplement à des activités génératrices de revenus¹⁴⁰. En outre, les femmes tendent à beaucoup s'investir pour gérer les besoins alimentaires de leur ménage en cas de conditions climatiques extrêmes comme les sécheresses ou les inondations, d'où une surcharge de travail. Les femmes travaillant sur les

¹³⁹ Sall et al. Changements climatiques, stratégies d'adoption et mobilités. Evidence à partir de quatre sites au Sénégal, 2011

¹⁴⁰ Osman-Elasha B, 2018, Les femmes...dans le contexte des changements climatiques in chroniques de l'ONU,

périmètres aménagés par le PGIRE II, ainsi que celles rencontrées à Ngnith, Bakel et Podor sont unanimes de ce point de vue.

Le manque d'aménagements hydro-agricoles et les dépenses afférentes représentent une réelle contrainte au développement des activités agricoles des femmes et des jeunes. Ces derniers jugent les périmètres aménagés prévus pour les femmes trop petits (5% des périmètres de la SAED dans la moyenne et la haute vallée¹⁴¹) alors que la consommation familiale repose principalement sur les cultures vivrières dont elles s'occupent. Les dépenses à effectuer pour valoriser les aménagements de la SAED sont jugées trop importantes par les femmes et les jeunes interrogés lors des FG. Cela concerne notamment le prix trop élevé de l'électricité. Cet avis est d'ailleurs partagé par les hommes, mais comme les femmes ont plus de difficultés à disposer de liquidités, elles en souffrent davantage.

Pour mieux gérer les contraintes liées au coût mais aussi à la disponibilité de l'électricité, certaines femmes, organisées en groupements féminins appuyés par des partenaires extérieurs, ont investi dans l'énergie solaire (à Orkadiéré dans la zone de Matam par exemple avec le PGIRE II). Si cette dernière est souvent citée comme stratégie d'adaptation aux effets du CC, la majorité des femmes dit ne pas avoir assez de moyens pour y avoir accès. Il en est de même pour les motopompes, dont les prix sont jugés trop élevés à l'achat. Nous avons d'ailleurs rencontré des femmes qui ont arrêté l'exploitation de leur périmètre dans la Moyenne Vallée à cause d'une panne de motopompe et du problème d'accès à l'eau qui en résulte. Il s'agit de l'union des groupements de femmes de Bélél Kéllé, à qui la communauté rurale a octroyé 12 ha, mais qui n'est jamais parvenue à exploiter la totalité de cette surface. Grâce à une motopompe offerte par des partenaires, ces femmes exploitaient 4 ha, à raison de 3 ares chacune. En 2020, elles n'ont pas pu mettre en valeur ce jardin, qui permettait pourtant de disposer de produits horticoles pour l'autoconsommation et la vente. Elles affirment que le meilleur moyen de réduire le niveau de vulnérabilité des femmes de Bélél Kéllé serait d'acheter une nouvelle motopompe de 4 cylindres, qui coûterait à peu près 7 millions de FCFA.

L'**accès au marché** est également un des facteurs aggravant des vulnérabilités des femmes face aux effets du CC. L'écoulement de la production apparaît ainsi comme un problème important pour les femmes de la VFS, en particulier pour celles de la Moyenne et de la Haute Vallée, éloignées des grands centres urbains du pays. Du fait des normes culturelles et de leurs responsabilités familiales, les femmes sont souvent obligées de rester à la maison (pour assurer l'éducation des enfants, la gestion des travaux ménagers, etc.) et ne peuvent se rendre à Dakar, Touba ou Saint-Louis pour écouler leurs produits. Elles se voient ainsi obligées de se limiter aux marchés villageois ou dans le meilleur des cas, aux marchés hebdomadaires (*louma*), où elles disent être plus en sécurité : « *Les hommes peuvent se permettre d'aller jusque dans les grandes villes à bord des transports en commun. Ils ont assez de force pour assurer leur sécurité et celle de leurs produits jusqu'à l'arrivée. Nous, par contre, si on croise des voleurs en route, nous ne pourrions rien faire pour sauver nos peaux* » (productrice de patate, Guia, Podor).

¹⁴¹ Enquêtes Adapt'Action Novembre 2020

4.5 Savoirs locaux et stratégies d'adaptation déjà adoptées dans la VFS

4.5.1 Périmètres irrigués

Les principaux changements impactant les périmètres irrigués sont l'augmentation des températures, les événements pluviométriques extrêmes et les incertitudes associées (fortes pluies et inondations et/ou baisse de pluviométrie ou raccourcissement de la saison de pluies selon les saisons). La mesure d'adaptation la plus utilisée (dans toutes les zones) est l'augmentation des heures d'arrosage et des frais d'exploitation engagés, tant en hivernage en cas de faible pluviométrie qu'en CSC pour faire face aux chaleurs de fin de cycle. Face à cette contrainte, le système de riziculture intensif (SRI), qui permet des économies d'arrosages significatives, a notamment été introduit dans le département de Matam (avec l'appui du PADAER et du PRODAM). Une expérience inédite d'électrification de la station de pompage de Dagana A et B grâce à l'énergie solaire permet de réduire de près de 70% la consommation d'électricité des agriculteurs locaux. Sur la durée du projet (7 ans) la réduction des émissions de gaz à effet de serre est estimée à 160,000 tonnes de CO₂.¹⁴² Enfin, l'implantation de brise-vents le long des chenaux permet de réduire l'effet d'évapotranspiration élevé lié aux chaleurs et vents secs. Les fortes températures favorisent également l'apparition de maladies et d'insectes nuisibles pour lesquels le recours aux traitements phytosanitaires reste privilégié par les producteurs en l'absence d'option plus respectueuse de l'environnement.

Les températures extrêmes sont la source de vulnérabilité la plus marquée en riziculture. Les producteurs ont constaté le changement relatif à l'absence des températures fraîches entre décembre et février et s'y sont adaptés en rendant leur calendrier cultural flexible. La période de démarrage de la campagne d'hivernage s'étend à présent de juin à septembre tandis qu'elle se limitait à début août auparavant. L'implantation précoce du riz de CSC dès février voire fin janvier permet d'éviter que les stades épiaison, floraison voire laiteux ne coïncident avec les pics de chaleur (avril et mai). Cette installation précoce du riz de contre-saison réduit la demande d'irrigation des parcelles et permet, lorsque les équipements sont disponibles, des récoltes dès juin avant les premières pluies. Finalement, un semis retardé de la campagne d'hivernage en septembre (au lieu de juillet ou août) s'accorde bien avec le décalage de l'implantation en contre-saison, ce qui explique pourquoi certains producteurs pratiquant la double culture n'ont désormais aucune crainte à retarder le semis (Lafarge et al., 2015)¹⁴³.

Les périmètres sont également exposés aux fortes inondations et à la baisse des pluies. La conception de la plupart des nouveaux aménagements ne prévoit pas de digues de protection et subséquemment, la CSC est la meilleure option de mise en culture. Pour pallier à la destruction des chenaux par les eaux de ruissellement, les producteurs de la zone de Podor déposent des branchages sur les axes de ruissellements pour limiter l'érosion. Dans la zone de Matam, le PGIRE II a appuyé des programmes d'actions communautaires de conservation des eaux et des sols du bassin versant du Dioulol. Avec l'appui de la SAED et de l'OMVS, il est procédé au faucardage des chenaux avant la saison des pluies dans le Delta et la Moyenne Vallée.

¹⁴² Source : <https://eco-act.com/fr/project/bokhol-energie-solaire>

¹⁴³ Lafarge, T., Julia, C., Balde, A.B., Ahmadi, N., Muller, B., Dingkuhn, M. (2015). Stratégies d'adaptation du riz en réponse à la chaleur au stade de la floraison. In: Changement climatique et agricultures du monde. Torquebiau, E. (ed.). Versailles : Ed. Quae : 37-49

Face aux nombreux aléas climatiques, plusieurs systèmes d'assurance sont testés dans les zones de Matam et Bakel. Auparavant, il s'agissait de contrats d'assurance risque contre les inondations, les oiseaux granivores et la divagation. Un nouveau type de produits d'assurance indexés sur le rendement est en train de supplanter le premier.

Les faibles pluviosités et crues entraînent une baisse rapide du niveau d'eau du fleuve et de ses affluents dans les zones de Matam et Bakel. L'option première, dans ce sens, est la mise en place d'un système de gestion participative de l'eau. A Bakel, la pratique de la gestion participative de l'irrigation par les riziculteurs du casier de Kollengal permet un entretien régulier des canaux d'irrigation, la réduction du gaspillage de l'eau, le respect des tours d'eau et l'amélioration de l'efficacité de l'irrigation. Durant les périodes extrêmes de sécheresse, les producteurs avec l'appui de la SAED font appel aux lâchers de Manantali. Ces mêmes parties prenantes font des curages et surcreusements des chenaux très déficitaires des axes hydrauliques de Dioulol, Diamel et Galenka pour l'utilisation de toute l'eau disponible. Des ouvrages de régulation pour ces axes déficitaires ont été construits.

Enfin, les populations ont déjà procédé aux adaptations suivantes de leurs itinéraires techniques :

- semis à sec du riz (sur la base des savoir-faire locaux des riziculteurs) ;
- utilisation de nouvelles variétés de riz qui demandent moins de semences et moins d'eau ;
- augmentation de l'apport en urée pour maintenir les rendements, notamment avec l'utilisation du nouvel engrais « urée super granulé » (permettant une diminution de l'apport total de 300 kg/ha à 112 kg, en un seul passage par an).

4.5.2 Cultures maraîchères

Les producteurs de la VFS ont développé quatre grands types de systèmes maraichers : (i) sur des périmètres irrigués en alternance avec le riz, (ii) par adduction à partir des eaux de surfaces, sans aménagement, comme au niveau du Lac, dans la zone de Gandon (avec l'adducteur de Ngalam) et à partir des mares à Bakel, (iii) à partir des eaux souterraines comme les puits munis de mini-forages dans le Gandiolais et (iv) le maraichage de décrue dans les *falo* et cuvettes de la zone de Bakel.

L'adaptation du calendrier cultural sous différentes formes et l'augmentation des fréquences d'arrosage sont les principales mesures adaptatives des cultures maraichères aux CC dans la plupart des zones. Trois changements du calendrier cultural ont été identifiés durant les FG. Dans le Gandiolais et la zone du Lac, les sécheresses successives ont fait que : (i) les producteurs s'adonnent davantage au maraichage en lieu et place des cultures pluviales, et (ii) il y a eu changement de la date de mise en pépinière. Pour ce dernier cas, certains répètent les semis en cas de pluies tardives mais de plus en plus dans ces deux zones, on utilise de nouvelles techniques comme couvrir les pépinières de bâches ou utiliser des alvéoles et des serres. Le troisième changement est relatif à la diminution des périodes de températures fraîches qui amène à plus de flexibilité dans le choix des spéculations. La mise en cultures d'espèces adaptées à la chaleur a amené à des changements des dates de pépinières de contre-saison froide et au recours à plus d'engrais.

Contre les températures de plus en plus élevées, les producteurs répondent par la mise en place de nouveaux aménagements mais aussi par l'innovation de plusieurs techniques agronomiques. L'installation de brise-vents temporaires (maïs + manioc), les brise-vents à base de cultures fourragères

tels que le *maralfalfa* (*Pennisetum purpureum*)¹⁴⁴ ou l'association avec des arbres fruitiers sont parmi les principaux exemples d'aménagements. De multiples options agronomiques ont été testées par les maraîchers de la VFS, à savoir l'augmentation des quantités de semences pour pallier à la forte fonte de semis ou la mortalité des plants, l'utilisation de la fumure organique pour la fertilisation et la rétention de l'eau, davantage de binage et d'aération des sols, la mise en culture d'espèces adaptées à la chaleur, le recours à plus d'engrais et un suivi plus rapproché. Les techniques de pépinières sont améliorées avec l'adoption de pépinières sous abris, « hors sol » ou en paillage. L'utilisation plus intensive de pesticides fait également partie des stratégies adoptées pour maintenir les rendements.

Plusieurs innovations d'irrigation sont également mises en place. Les horticulteurs arrosent plus fréquemment et plus longtemps ; dans toutes les zones on estime au moins un doublement du temps par rapport à il y a 3 ans. Ces arrosages se font le plus souvent la nuit. Les populations du Gandiolais et du Lac mettent progressivement en place l'irrigation au goutte-à-goutte. Les grands et petits exploitants privés du Delta ont recours à de nouveaux systèmes d'irrigation comme l'aspersion ou le type californien, comme c'est le cas à Yamane (Ngnith) dans le cadre du PDIDAS.

Dans les zones de Bakel et Matam, où la baisse rapide du niveau du fleuve est constatée, l'OMVS est sollicitée pour des lâchers d'eau. Dans le Bakel, en maraichage de décrue, on procède à des irrigations de complément de la décrue et à l'installation de petits groupes moto pompes (GMP) en collectif. Certains producteurs se tournent vers des spéculations plus rentables comme l'oignon. Pour pallier aux pluies irrégulières mais néanmoins importantes dans la zone de Bakel, des aménagements sur les vallées et mares sont réalisés, tels que des retenues d'eau (mini barrage de Oubol avec l'appui de l'ONG GRET) ou l'installation de stations de reprise ; des systèmes de micro-jardinage ont également été promus dans le cadre du P2RS¹⁴⁵.

4.5.3 Agriculture pluviale et de décrue

Cultures pluviales

Les mesures adaptatives adoptées par les populations pour les cultures pluviales sont principalement :

- L'abandon des cultures pluviales par 70% des ménages du Gandiolais et du Lac de Guiers ;
- L'abandon total des cultures pluviales dans la partie *walo* des zones de Podor et Matam, la culture sous pluies ne subsistant que dans les villages du *diéri* ;
- La perte en emblavure du mil dans les zones de Matam et Bakel et son abandon quasi total dans les trois autres zones (Podor, Gandiolais et Lac de Guiers) au profit du niébé, de la pastèque et du maraichage.

Dans les zones de Matam et Bakel, où l'agriculture pluviale est toujours dominante, d'autres mesures adaptatives sont prises avec l'appui de projets :

- Pratiques de gestion durable des terres, avec la mise en place de pratiques de conservation des eaux et des sols (CES) et de défense et de restauration des sols (DRS) tels que le zaï, les cordons pierreux, les diguettes et l'agroforesterie ;
- Amendement des sols et utilisation de compost ;
- Utilisation de variétés à cycle court (par exemple, riz pluvial Nerica et sorgho Alarba) ;

¹⁴⁴ L'introduction de cette herbe fourragère a été promue par la FAO et l'ANCAR, notamment dans la zone du Lac.

¹⁴⁵ Programme Régional de Renforcement de la Résilience à l'Insécurité Alimentaire et Nutritionnelle au Sahel.

- Aménagement des bas-fonds avec le projet P2RS (financement BAD).

La migration saisonnière ou l'émigration sont des méthodes adaptatives courantes qui se sont accélérées dans des zones traditionnellement plus stables comme le Gandiolais, la zone du Lac de Guiers ou la zone sylvopastorale de Podor. Dans les zones de Bakel et Matam, on observe une dépendance de plus en plus forte de certains ménages aux revenus tirés des transferts d'argent de la part des membres partis ailleurs. L'embouche bovine et ovine est une autre alternative face à la faiblesse des pluies dans les zones du Lac et de Bakel.

Dans la région de Matam, deux plans d'adaptations ont été mis en place par le MAER : (i) un « plan de dopage » entre 2014 et 2019 ; (ii) un plan d'adaptation de l'agriculture aux prévisions saisonnières des précipitations. A cela s'ajoute la mise en place d'un groupe de travail pluridisciplinaire dont l'objectif est d'assurer le suivi de de la campagne agro-hydro-météorologique et phytosanitaire.

Les années de fortes pluies s'accompagnent de la recrudescence de maladies et parasites des cultures ; les producteurs du Lac, Gandiolais, Matam et Bakel ont ainsi recours aux pesticides pour y faire face, parfois de manière excessive.

Cultures de décrue

Avec l'absence fréquente de crues, dans la zone de Podor, les populations se tournent davantage vers les autres spéculations. Ainsi, seulement 20% des terres de décrue sont régulièrement emblavées. Certaines sont aménagées pour l'agriculture irriguée (Poussin *et al*, 2020)¹⁴⁶. En conséquence, la végétation naturelle prend progressivement de la place ; il est estimé que de 40% des terres de décrues ne sont plus aptes. En période de haute crue comme en 2020, une grande majorité des producteurs s'adonne à la culture de décrue mais avec la perte du capital semencier, ils ont recours à des semences vendues dans les marchés hebdomadaires sans grande valeur germinative ni productive. Les projets Kawolor (financement USAID) et P2RS (financement BAD), ont mis en place un système de régénération du capital de semences locales et leur utilisation. Des opérateurs de proximité privés ont été appuyés pour les diffuser sur toute la vallée.

D'une manière générale, le repli des eaux dans le Bakel et le Matam est rapide, souvent beaucoup moins que les 45 jours requis. A ce titre, des ouvrages de contrôle de la décrue ont été mis en place pour stabiliser la montée des eaux dans les cuvettes. L'installation d'un ouvrage de contrôle de la décrue sur le Diamel a permis de récupérer 4 000 ha de terres de décrue du PGIRE I (d'après les FG réalisés dans cette zone et l'ESD avec le SDDR Kanel). Dans ce même registre, des actions de conservation des eaux et sols sont initiées dans le bassin versant du Dioulol par l'OMVS dans le cadre du PGIRE I et II. Face la sécheresse de 2017 et pour les cultures de décrue comme celles irriguées en 2018, la région de Matam a eu recours aux lâchers de Manantali pour l'alimentation du Diamel/Dioulol. Dans la zone de Bakel, avec la fréquence de faibles amplitudes de la décrue, les communautés installent de petits GMP en collectif pour faire de l'irrigation en complément de la décrue. Ils se rabattent aussi sur des spéculations plus rentables comme l'oignon et surtout le piment.

¹⁴⁶ Poussin J-C., D. Martin, J-C. Bader, D. Dia, S. M. Seck et A. Ogilvie (2020). Variabilité agro-hydrologique des cultures de décrue. Une étude de cas dans la moyenne vallée du fleuve Sénégal. Cah. Agric. Volume 29, N°23, 11 pages.

4.5.4 Elevage

Face aux différents facteurs de vulnérabilité, climatiques ou non, les principales stratégies d'adaptation développées par les éleveurs de la VSF sont : (i) la mobilité du bétail ; (ii) la diversification par l'agriculture ; (iii) la modification de la structure des troupeaux ; et (iv) la migration humaine.

La mobilité. Première stratégie d'adaptation développée et éprouvée par les éleveurs, la mobilité est bien souvent la première action face à une sécheresse, un retard de pluviométrie ou une épidémie. Les systèmes d'élevage extensifs ont ainsi démontré leur agilité et leur capacité à exploiter les ressources (pâturages et eau) en se déplaçant sur des gradients pluviométriques. Cette pratique a fait l'objet d'abondantes études dans le Sahel. Dans la VFS, avant l'avènement des aménagements hydrauliques, un déplacement pendulaire *walo* (saison sèche) - *diéri* (hivernage) rythmait la vie des éleveurs.

D'après les entretiens et FG réalisés, la mobilité reste une stratégie en vigueur, avec néanmoins des adaptations évidentes au nouveau contexte de la VFS. Aujourd'hui, on observe en effet des réseaux denses de mobilités très courtes dans le Delta, qui sont facilitées par les plans d'occupation et d'aménagement des sols (POAS) et résultent ainsi d'un zonage consensuel des usages par les communautés, institutionnalisé par les collectivités locales. Autour du Lac de Guiers, les éleveurs rencontrés disent avoir modifié l'amplitude de leurs déplacements, qui sont devenus plus denses dans la zone parce que les troupeaux augmentent, les terres agricoles croissent et une majorité d'éleveurs deviennent agriculteurs. Dans cette zone de la VSF, les mouvements avaient déjà évolué avec les premiers aménagements, occasionnant des départs massifs et définitifs vers le centre et le sud du Ferlo ; ceux qui sont restés ont réadapté leurs mobilités aux contraintes et opportunités du milieu. Il ressort des entretiens que ceux qui partent loin (dans le sud du Ferlo) restent moins longtemps sur place. En outre, dans la Moyenne Vallée, les éleveurs soutiennent que les déplacements concernent maintenant davantage les petits ruminants, sont plus systématiques qu'auparavant et sont plus longs le long du fleuve (traversant la Haute Vallée pour rejoindre le Sénégal oriental). Ainsi, la zone de Bakel est dorénavant une zone de passage et d'accueil des troupeaux y compris ceux de la Mauritanie. Les conflits d'usages, exacerbés par la mobilité, demeurent un invariant sur toute la VFS et malgré les POAS.

La « reconversion » massive dans l'agriculture et particulièrement la culture irriguée. Lors de la mission, les seuls éleveurs « purs » rencontrés sont ceux de la zone du *diéri* de Matam, dont les lieux de résidence sont loin du fleuve et qui n'ont aucun accès à l'eau d'irrigation. Tous les autres éleveurs rencontrés pratiquent l'agriculture. Autour du Lac de Guiers, les éleveurs diversifient avec la pastèque, la patate et marginalement du riz. Dans la Moyenne Vallée, la plupart pratiquent à la fois des cultures pluviales de sorgho et la riziculture irriguée. Dans la zone de Bakel, ils associent élevage, maraichage et riziculture. Cette situation s'inscrit dans une tendance relativement ancienne (depuis les premiers aménagements des années 60). Dans la vallée, l'agriculture a pris de l'importance pour des raisons diverses. L'agropastoralisme gagne notamment du terrain depuis que des communautés peules ont compris l'intérêt de l'appropriation foncière par l'emblavure de superficies importantes. Les éleveurs Peuls de la VFS reconnaissent qu'aujourd'hui, l'agriculture assure une bonne partie de leurs besoins alimentaires. Tout le riz produit par ces agropasteurs, du Delta à la Haute Vallée, est autoconsommé ; les autres produits agricoles sont commercialisés et permettent le maintien du capital animal et sa reconstitution en cas de choc.

Aussi, les compensations apportées par les agro-industries facilitent l'accès des éleveurs à des terres aménagées, comme par exemple dans la commune de Mbane avec l'accès aux casiers de la CSS. Les superficies aménagées par la West Africa Farm (WAF) dans cette même commune de Ngnith au profit des villages affectés par l'installation de cette agro-entreprise, ainsi que les canaux d'irrigation ouverts par la CSS dans les terres du *diéri* ont permis aux éleveurs de se spécialiser dans des cultures maraichères et dans la riziculture. La distribution de fourrage par la SCL dans les communes de Gandon, Fass et Diama a convaincu les organisations d'éleveurs que la culture fourragère à grande échelle peut être une piste de professionnalisation pour certains éleveurs qui en ont les capacités. Dans le programme DELTA en cours d'élaboration, il est prévu un accompagnement conséquent (500 ha) pour l'aménagement de parcelles fourragères en système irrigué. Lors des ateliers zonaux, les acteurs ont confirmé que cette reconversion agricole des éleveurs se généralise dans toute la vallée, dans un contexte de densification de l'insertion de l'agro-industrie (Sen Huile, WAF, SCL, etc.) sur des terres à usage pastoral. L'appui des politiques et programmes gouvernementaux tels que le PDIDAS facilite également cette dynamique.

Les changements dans la structure et la taille des troupeaux : une spécialisation vers des espèces à cycle court et une baisse des effectifs. Face aux contraintes d'exercice de l'élevage extensif dans la VFS, les éleveurs affirment qu'ils sont obligés de reconsidérer certaines de leurs pratiques et modes d'exploitation des ressources. La part des petits ruminants dans les troupeaux augmente, comme déjà observé il y a 25 ans par Tyc (1994) et confirmé lors de récentes enquêtes dans le cadre du projet BRACED (2017). Les éleveurs rencontrés ont déclaré qu'il n'y avait presque plus de grands détenteurs de bovins (*jarga*) dans la VFS, contrairement au Ferlo, mais une majorité d'éleveurs ayant quelques têtes de bovins et un nombre beaucoup plus important de petits ruminants. Selon les éleveurs interrogés à Bakel, cette évolution s'explique ainsi : « les éleveurs *sont en passe de devenir des agriculteurs et l'entretien de bovins devient de plus en plus difficile* ». La structuration des troupeaux se fait aussi par le passage à des effectifs plus petits. La majorité des éleveurs rencontrés reconnaissent la nécessité de réduire la taille des troupeaux mais ne veulent pas parler de « déstockage ».

Les migrations. Selon les zones de la VFS, une proportion plus ou moins grande d'éleveurs recourent à la migration, notamment dans la Moyenne et la Haute Vallée. Ces migrations vers l'Europe (en grande partie) et à Dakar (dans une moindre mesure) sont anciennes et constituent pour une partie des familles toucouleur agro-éleveurs la voie pour assurer la survie du clan resté dans la région. Dans la zone de Bakel, les éleveurs rencontrés disent qu'ils étaient traditionnellement moins enclins à partir que les Soninkés, mais qu'aujourd'hui leurs fils sont attirés par ces migrations et que les départs sont plus nombreux.

Enfin, certaines stratégies, comme la conservation ou la culture fourragère, ont été déclarées par certains éleveurs mais elles restent des pratiques marginales, mises en œuvre par une catégorie d'éleveurs entrepreneurs peu représentatifs du profil majoritaire des éleveurs extensifs de la VFS.

4.5.5 Pêche

La pêche dans la VFS est devenue une activité véritablement secondaire, car la ressource est très irrégulière. La plupart des pêcheurs pratiquent la pluriactivité. Les taux de capture ne seraient plus que le tiers ou le quart de ce qu'ils étaient avant l'aménagement du fleuve, lorsque la crue pouvait inonder toute la vallée et que les cuvettes de décrues fonctionnaient comme des zones de fraye, de nurserie et de nourricerie pour les alevins. Toutefois, lors des années de haut niveau de crue comme en 2012

ou 2020, les niveaux de prise peuvent être 4 fois plus importants que les années sèches. Néanmoins l'ensemble des pêcheurs rencontrés entre Bakel et Podor témoignent d'une tendance inter-annuelle marquée à la diminution du poisson, du nombre d'espèces, des niveaux de reproduction et des taux de capture. Les stratégies adoptées varient entre la haute moyenne vallée (Bakel et Matam) d'une part, et la basse moyenne vallée (Podor) associée au Lac de Guiers et à l'estuaire (Gandiol) d'autre part.

A Bakel et Matam, les pêcheurs nous ont dit avoir tenté de pratiquer des repos biologiques allant jusqu'à 6 mois, mais ont échoué en raison des variations de débit du fleuve et du manque d'eau trop longtemps en saison sèche. Ils ont également témoigné des différentes expériences de pisciculture communautaire qui ont échoué en raison de la pauvreté nutritive des eaux (lâchées par le barrage de Manantali) mais aussi en raison de leur trop faible niveau d'équipement. Une autre contrainte qui a été rapportée par les pêcheurs de Bakel est le cycle de développement des poissons qui est trop long. A Matam, des expériences de pisciculture et de rizipisciculture ont été entreprises par des compagnies privées.

A Podor et au Lac de Guiers, les stratégies d'adaptation sont plus négatives. Dans les deux cas, nombre de pêcheurs utilisent des filets mono-filaments (illégaux) de plus en plus longs pour barrer le fleuve à Podor ou des filets tournants tout aussi interdits dans le Lac. L'usage de ces engins témoigne de lui-même de la diminution de la ressource. Elle est elle-même aggravée par son usage. L'absence d'agent du ministère des pêches dans ces localités ne permet pas de faire faire appliquer la réglementation par la gendarmerie ou la sous-préfecture. Ces filets mono-filaments sont destructeurs car ils pêchent autant les alevins et les juvéniles que les adultes, toutes espèces confondues.

L'évaluation de la biomasse dans le réservoir de Diama, dans le Lac de Guiers et leurs défluent est difficile en raison de l'envahissement des rives et des chenaux défluent par le typha. Nombre de poissons y trouvent refuge et sont inaccessibles aux pêcheurs. Ces derniers enlèvent ce qu'ils peuvent de végétation des chenaux d'accès aux zones de frayères pour permettre aux alevins de rejoindre l'eau libre. La surface totale envahie par cette plante aquatique était de 100 000 ha en 2001. Sa progression a été estimée en surface à 10% par an. Une expérience individuelle de pisciculture extensive et intégrée à Ngnith sur le lac montre des résultats encourageants d'élevage de silures.

A Gandiol, sur l'ancien estuaire du fleuve qui n'est plus qu'un bras de mer depuis l'ouverture des brèches dans la Langue de Barbarie, les stratégies d'adaptation des populations de pêcheurs sont soit de renforcer l'effort de pêche par agrandissement démesuré des filets et allongement des sorties en mer, soit d'émigrer vers d'autres ports de pêche de la sous-région.

Les quelques initiatives de fermes piscicoles privées, faisant suite à plusieurs entreprises de ce type depuis 1979 ont plus été le fait d'individus que d'une réelle politique de sauvetage d'une activité halieutique dans le fleuve. Un programme de repeuplement halieutique du Sénégal a été lancé en 2019 à Walaldé près de Podor. L'expérience sera intéressante à suivre.

4.5.6 Forêt et gestion des ressources naturelles

Les stratégies déjà adoptées par les populations en matière de forêt et de gestion des formations végétales sont encore relativement timides en raison des besoins en bois énergie, en bois d'œuvre mais aussi dans la mesure où les arbres apparaissent encore comme des niches à oiseaux granivores

et où la végétation sauvage porte encore l'image d'abri pour les animaux ravageurs des cultures (insectes et rongeurs). Mis à part pour les éleveurs du Fouta, l'arbre n'apparaît toujours pas comme un protecteur contre les excès du climat (ombre, abaissement de température, production de litière organique pour les sols et pour la protection des micro-organismes responsable de sa minéralisation et donc de sa fertilisation). On notera tout de même que dans les différentes parties de la vallée, les populations ont commencé à planter des brise-vents pour lutter contre le vent, la chaleur et les vents de sable, même si certains considèrent qu'ils peuvent constituer des supports ou nichoirs pour les oiseaux granivores.

A Bakel et à Matam, les stratégies se limitent à la surveillance des feux de brousse, à la plantation de brise-vents et à une première expérience d'agroforesterie. A Matam, la SAED a appuyé les Eaux et Forêts, via les projets ASAMM/APEFAM, dans l'élaboration des plans d'aménagement et de gestion des forêts classées de Dolol (rôniers) et de Diamel. Ainsi les forêts classées ont été délimitées et bornées, des zones de repeuplement identifiées et des actions de restauration et de mise en valeur durables sont en cours dans ces deux forêts. C'est à partir de Podor, en descendant le fleuve que les initiatives augmentent. A Podor, les participants aux FG ont attesté d'opérations de reboisement dans le *walo*, de plantations de brise-vents autour de certains périmètres cultivés et de mises en défens de parcelles boisées dans le *diéri*. Les éleveurs prennent conscience plus que d'autres du réchauffement du climat et de la nécessité de protéger leurs troupeaux contre les excès de l'insolation notamment sur les itinéraires de transhumance et aussi pour « rafraîchir » leurs poulaillers. Le responsable des eaux et forêts a néanmoins témoigné de sa difficulté à protéger les forêts classées de la vallée contre la coupe illégale en raison de la faiblesse de ses moyens d'intervention.

Les faucardages et curages de canaux sont nécessaires pour lutter contre l'encombrement végétal des canaux afin de maintenir leur hydraulité et la disponibilité en eau pour les périmètres irrigués. Sur le lac de Guiers, la lutte contre l'envahissement du typha croise tous les sujets relatifs à la gestion de l'eau mais les moyens sont limités et le « cancer » du fleuve s'étend dans tous les défluent pratiquement jusqu'aux portes de Saint-Louis, ce qui imposera des entretiens mécaniques croissants.

C'est dans le Gandiolais que les stratégies déjà adoptées de protection et de valorisation des ligneux sont les plus engagées. Ont déjà été effectués : (i) des mises en défens et la création de parcelles de RNA à proximité des zones habitées (plus faciles à surveiller) afin de développer de l'ombre et de la fraîcheur en milieu urbain ; (ii) des reboisements communautaires d'acacias, de neem et d'eucalyptus ; (iii) des reboisements de filao sur la Langue de Barbarie et sur le littoral ; (iv) des reboisements de mangrove au Nord du Gandiolais ; (v) des plantations de brise-vents autour des blocs maraichers ; (vi) la cueillette et la vente sur les marchés hebdomadaires de PFNL (fruits balanites, jujube, *Neocarya*). Le responsable local des eaux et forêts nous a rappelé que l'essentiel de l'énergie domestique provient du bois de coupes autorisées pour 70%, des bouses de vache pour 20%, du bois de coupes illégales pour 10% et du gaz butane pour une proportion infime.

4.6 Initiatives d'adaptation passées et en cours

Les initiatives d'adaptation passées et en cours recensées lors de cette étude, et pour certaines, visitées lors des missions de terrain, y compris les initiatives d'adaptation sensibles au genre, sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Bonnes pratiques	Zone & site où l'action est menée	Bénéficiaires	Acteurs & partenaires techniques et financiers	Description de l'action	Avantages agronomiques, environnementaux ou socio-économiques
Système de riziculture intensif (SRI)	Casier rizicole de Kobilou, Département de Matam	65 riziculteurs (sur 33,5 ha) du GIE Ndiral	PRODAM, PADAER	Le SRI consiste à cultiver avec moins de semences, d'eau et d'engrais, sur un sol riche en matière organique et bien aéré, afin de réduire les coûts, d'accroître la production et de produire un riz de qualité. En termes pratiques, le SRI comprend six composantes de gestion, englobant (1) le repiquage d'un seul plant, (2) à un stade relativement jeune, (3) avec un grand écartement, (4) une irrigation alternée à un assec, (5) la lutte mécanique contre les mauvaises herbes et (6) l'application du compost à la place ou en plus des engrais chimiques.	Réduction de la durée du cycle de 7 jours environ, baisse de la consommation de gasoil de 27%, réduction de la consommation en semences de 75%, augmentation des rendements qui passent de 4-6 T/ha à plus de 7-8 T/ha, voire même 10 T/ha
Irrigation sèche AWD (système d'irrigation par alternance)	Moyenne Vallée	Riziculteurs	International Rice Research Institute (IRRI)	L'alternance de l'inondation et de l'assèchement des parcelles (AWD) en lieu et place d'une inondation permanente peut améliorer la production du riz dans la Moyenne Vallée. La submersion est alternée avec la non submersion pendant quelques jours (irrigation par intermittence).	Réduction des irrigations et des coûts hydrauliques, amélioration de l'efficacité d'utilisation de l'eau

Bonnes pratiques	Zone & site où l'action est menée	Bénéficiaires	Acteurs & partenaires techniques et financiers	Description de l'action	Avantages agronomiques, environnementaux ou socio-économiques
Construction d'un mini barrage pour l'irrigation des cultures maraichères	Village de Ouboul dans la Falémé, Département de Bakel	Coopérative Boundou composée de 187 maraichers	GRET	<p>Il s'agit d'une mare naturelle qui a été aménagée grâce à un mini barrage construit par l'ONG GRET en 1994 (coût de réalisation du barrage : 14 millions de FCFA). Lorsqu'elle est pleinement remplie d'eau, la mare a une longueur de 2,5 km, une largeur de 150 m et une hauteur d'eau de 4 m. La mare est destinée à irriguer les cultures de piment, d'oignon, d'aubergine, etc. qui connaissent un plein essor au cours de ces dernières années. Elle permet aussi d'abreuver 2500 têtes de bétail par jour. Au cours de la campagne maraichère 2018-2019, le chiffre d'affaire de la production maraichère était de 69 millions de FCFA pour des charges d'exploitation estimées à 5 millions de FCFA.</p>  <p>NB. Besoins exprimés par les responsables de la coopérative :</p> <ul style="list-style-type: none"> • coupler la mare avec un forage solaire et une vingtaine de puits maraichers afin de pallier au tarissement précoce de la mare observé pendant les années de faible pluviométrie • appuyer le désensablement de la mare (curage et mise en place technique de DRS/CES sur le bassin versant) • doter la coopérative d'une chambre froide, d'un camion frigorifique et d'un système d'information sur les marchés via smartphone • former les maraichers à la technique du compostage 	Bonne intégration agriculture maraichère et élevage, d'où l'amélioration de la fertilité des terres maraichères de la zone Augmentation des revenus agricoles des maraichers

Bonnes pratiques	Zone & site où l'action est menée	Bénéficiaires	Acteurs & partenaires techniques et financiers	Description de l'action	Avantages agronomiques, environnementaux ou socio-économiques
Système de pompage solaire pour la riziculture	Département de Dagana, Delta	Riziculteurs et populations	Projet Bokhol Solar	<p>Dans le cadre de sa responsabilité sociale, Bokhol Solar, qui est le tout premier projet solaire photovoltaïque au Sénégal et l'un des plus importants d'Afrique de l'Ouest, a financé l'électrification de la station de pompage de Dagana par voie solaire. L'utilisation du pompage solaire permet de réduire de près de 70% les coûts hydrauliques des agriculteurs locaux et de renforcer leur accès à l'irrigation. Il permettra également sur toute la durée du projet (7 ans) la réduction des émissions de 160 000 tonnes de CO2.</p> 	<p>Amélioration du mix énergétique local, de la qualité de l'air, de la réduction des émissions de GES et de la préservation de l'environnement Création d'emplois locaux Accès à une énergie propre et renouvelable pour plus de 160 000 Sénégalais</p>

Bonnes pratiques	Zone & site où l'action est menée	Bénéficiaires	Acteurs & partenaires techniques et financiers	Description de l'action	Avantages agronomiques, environnementaux ou socio-économiques
Gestion participative de l'eau d'irrigation (GPI)	Casier rizicole du Kollengal (Bakel), Haute Vallée	Union Hydraulique du Casier de Kollengal	SAED	<p>Les coûts d'irrigation à l'hectare sont très élevés au niveau du casier Kollengal, soit plus de 120 000 FCFA/ha du fait (i) du manque d'entretien des canaux d'irrigation et des ouvrages associés entraînant des pertes énormes d'eau au niveau des canaux (fuites d'eau, mauvais écoulement, infiltration de l'eau dans les canaux), (ii) de l'irrigation excessive des riziculteurs. Avant la mise en œuvre de la GPI, les irrigants restaient plus de 15 jours sans boucler un tour d'eau dans un secteur à cause d'un manque d'entretien des ouvrages et d'une mauvaise organisation des usagers utilisant le même arroseur. La GPI a consisté à animer au cours des campagnes 2019/2020 et 2020/2021 des sessions de sensibilisation sur l'entretien des canaux d'irrigation, le gaspillage de l'eau, le respect des tours d'eau. Suite à ces sensibilisations, la réalisation des travaux d'entretien est devenue effective et la durée du tour d'eau ne dépasse plus désormais une semaine.</p> 	Réduction des quantités d'eau d'irrigation et des coûts d'irrigation, amélioration de l'efficacité de l'utilisation de l'eau

Bonnes pratiques	Zone & site où l'action est menée	Bénéficiaires	Acteurs & partenaires techniques et financiers	Description de l'action	Avantages agronomiques, environnementaux ou socio-économiques
Assurance agricole	Toutes les zones	Riziculteurs	CNAAS, LBA, ASPRODEB, ISRA, ANACIM, Planet Guarantee, Société de réassurance Swiss Re	L'assurance agricole classique « multirisque » est surtout destinée à la chaîne de valeur riz irrigué. Elle propose une indemnisation fondée sur la survenue d'un sinistre déclaré par le producteur, puis constaté et mesuré par un spécialiste. Les risques couverts sont principalement les attaques d'oiseaux et d'autres ravageurs, les inondations et les pluies hors-saison, les vents chauds et secs pour le cas de la tomate. Le seuil de couverture est un pourcentage du crédit de campagne du producteur. A titre de diversification de son portefeuille de produits d'assurance, la CNAAS a nouvellement introduit un indice indexé sur le rendement en grain du riz. NB. Les riziculteurs du casier du Kollengal (Bakel) ont déploré le manque de transparence de l'assurance agricole, en particulier le système d'indemnisation de l'assurance agricole tout risque.	Sécurisation des revenus des producteurs Contribution à rendre les systèmes de production plus intensifs et plus productifs
Adaptation à la salinité	Delta	Riziculteurs	AfricaRice	Les variétés de riz cultivées dans les sols salés perdent l'essentiel de leur rendement à la germination avec 50 à 80% de perte de rendement. Il est alors conseillé (i) d'utiliser des variétés tolérantes à la salinité (IR63275-B-1-1-3-3-2 and WAS73-B-B-231-4), (ii) de semer très tôt en début de saison des pluies, (iii) de faire un drainage régulier des parcelles. L'épandage d'azote à l'initiation de la panicle, en sus des applications recommandées, double les rendements grains et devrait être adoptée dans les conditions de salinité du delta du fleuve Sénégal.	Maintien des rendements dans des conditions où la salinité est élevée
Amélioration variétale et des pratiques agricoles	Secteurs (unités hydrauliques) du Diamel et du Dioulol, Région de Matam	700 producteurs	Programme Initiative Riz (AfricaRice, CRS, IFDC, ISRA)	Test variétal avec Sahel 108, Sahel 202 et Sahel 201, semi direct, repiquage, formation aux bonnes pratiques agricoles.	Amélioration variétale Augmentation des rendements
Gestion intégrée des cultures	Delta et Moyenne Vallée	Producteurs	AfricaRice et SAED	La gestion intégrée comprend (i) l'ajustement de la période de semis en fonction des situations ; (ii) la gestion de la période d'application des itinéraires culturaux ; (iii) la diversification des productions ; (iv) la vulgarisation d'espèces tolérante à la salinité, à la sécheresse et au froid ; (v) l'utilisation de variétés à cycle court. Elle est combinée à la promotion de pratiques agroécologiques (cf. ci-dessous).	Maitrise des itinéraires techniques, sécurisation des productions agricoles, réduction des impacts environnementaux négatifs

Bonnes pratiques	Zone & site où l'action est menée	Bénéficiaires	Acteurs & partenaires techniques et financiers	Description de l'action	Avantages agronomiques, environnementaux ou socio-économiques
Maitrise des techniques de fertilisation et promotion de l'agroécologie	Villages d'Aéré Goléré, Ouro Dialao et Ououloum Néré, Département de Podor	Producteurs en décrue et en pluvial	SAED	La fertilisation moderne est destinée à améliorer la qualité et la quantité des rendements, tout en fortifiant les végétaux concernés. Les techniques d'application des amendements sont le chaulage ou le marnage. Les sols seront ainsi plus faciles à travailler, mieux aérés et mieux drainés. Pour ce faire, les produits ajoutés au sol auront vocation notamment à former l'humus pour favoriser la rétention d'eau (compost), à modifier une acidité qui serait trop importante (carbonates de calcium et de magnésium) ou encore à réduire les taux de sodium (gypse).	Amélioration de la fertilité du sol
Semi intensification des cultures de décrue	Département de Matam	Producteurs en décrue	Feed the Future Kawolor	Le projet Feed the Future appuie les paysans du <i>walo</i> à améliorer les conduites culturales des différentes espèces cultivées (maïs, sorgho, patate douce, niébé) par l'utilisation de semences sélectionnées, d'engrais et de fongicides, l'amélioration des conduites culturales, la lutte intégrée contre les ennemis des cultures et la baisse des pertes post-récolte.	Amélioration des rendements des cultures de décrue
Ferme intégrée de Koïtala	Département de Diawara (Haute Vallée)	Exploitant privé	Mamadou Mballo (promoteur et bénéficiaire)	La ferme intégrée de Koïtala, créée en 1990, est l'initiative d'un ancien émigré. Elle comprend sur une superficie de 15 ha des activités intégrées : cultures irriguées (patate douce, gombo), pluviales (maïs, sorgho, manioc), de décrue (maïs, patate douce, courge, tomate, aubergine, etc.), élevage en semi stabulation de races locales, de races locales inséminées avec des races hollandaises et brésiliennes, pisciculture (tilapia), petit élevage de lapins, poules et canards, des poules, etc. Les vaches sont élevées pour la production de lait (12 à 15 litres par jour par vache) et de viande. Les poissons se nourrissent de pains secs, de son de mil et de riz. La ferme fait la promotion de l'agroécologie. Les cultures bénéficient de rotations des cultures, de plantations d'arbres, de fumure organique issue de l'élevage. Les animaux bénéficient de l'ombrage des arbres plantés et se nourrissent à leur tour des résidus de récolte et des compléments alimentaires à base de <i>racal</i> . Les eaux usées de la pisciculture servent à « ferti-irriguer » les cultures maraichères. Les produits de la ferme sont pour l'essentiel commercialisés sur le marché local, à Diawara principalement. La ferme emploie 4 journaliers. Le promoteur a peu bénéficié d'encadrement technique ce qui explique les coûts d'investissement très élevés au départ. Il a toutefois bénéficié dans le domaine de la pisciculture d'appuis techniques ponctuels de l'Agence Nationale de l'Aquaculture.	Préservation des ressources naturelles Sécurisation de la production et diversification des revenus Réduction des impacts environnementaux négatifs

Bonnes pratiques	Zone & site où l'action est menée	Bénéficiaires	Acteurs & partenaires techniques et financiers	Description de l'action	Avantages agronomiques, environnementaux ou socio-économiques
Système d'irrigation de type californien	Village de Yamane, Département de Dagana, zone du Lac de Guiers	Producteurs	PDIDAS	<p>Le système californien consiste à distribuer l'eau aux cultures par des tuyaux souterrains en PVC rigide. Le réseau de tuyaux est enterré à 0,6 m de profondeur pour les protéger des UV et des travaux agricoles. Des prises d'eau sont raccordées à ces tuyaux rigides à intervalles réguliers (18-50 m). Le coût de l'aménagement se décompose en deux principaux postes de dépenses : le pompage (motopompe) et le réseau de canalisations (PVC évacuation ou faible pression de diamètre 50 ou 63 mm). Le système californien réduit considérablement les pertes d'eau (sol sableux) et améliore ainsi l'efficacité de l'irrigation. Il est adapté pour les parcelles maraîchères, rizicoles, arboricoles, les parcelles à sols sableux, parcelles à contre-pentes. Dans le cadre de l'opération pilote de Ngnith mise en place par le PDIDAS, le village de Yamane a bénéficié de l'installation de ce système. Il comprend un canal de 100 m, des systèmes d'irrigation de 4 bornes par ha pour l'irrigation de 40 ha de manioc et de patate douce.</p> 	<p>Augmentation des rendements du manioc qui passent à 12t /ha Amélioration de l'efficacité du système d'irrigation (peu de pertes en eau) qui passe à 95% contre 50% auparavant Forte réduction des coûts de pompage d'eau, réduction des coûts de la main-d'œuvre dédiée à l'irrigation Réduction de la pénibilité de l'irrigation Tour d'irrigation mieux organisé (4 irrigants en même temps)</p>

Bonnes pratiques	Zone & site où l'action est menée	Bénéficiaires	Acteurs & partenaires techniques et financiers	Description de l'action	Avantages agronomiques, environnementaux ou socio-économiques
Actions de conservation des eaux et des sols (CES) dans le bassin versant du Dioulol	Bassin versant du Dioulol, Délégation SAED de Matam (Moyenne Vallée)	Communautés du bassin versant	OMVS (PGIRE I et II), SAED	<p>Dans le cadre du projet de gestion intégrée des ressources en eau et du développement des usages multiples du bassin du fleuve Sénégal (PGIRE II), l'OMVS et la SAED appuient la mise en œuvre communautaire des actions de CES du bassin du Dioulol. Ce défluent du fleuve Sénégal a connu au cours des dernières années un ensablement très important du fait de la dégradation des terres de son bassin versant. Les actions de DRS-CES consistent à appuyer la gestion communautaire des ressources naturelles à travers des aménagements agroforestiers, des aménagements antiérosifs (cordons pierreux, diguette en terres battues, tranchées à ciel ouvert, des digues semis filtrantes, des retenues d'eau, des fosses d'infiltration d'eau), des aménagements de zaï forestiers, la RNA, la formation, l'information et la sensibilisation, le diagnostic participatif, la recherche appliquée, la planification locale.</p> 	Lutte contre l'ensablement du Dioulol Restauration des écosystèmes et de la biodiversité végétale et animale

Bonnes pratiques	Zone & site où l'action est menée	Bénéficiaires	Acteurs & partenaires techniques et financiers	Description de l'action	Avantages agronomiques, environnementaux ou socio-économiques
Mini laiterie solaire	Commune de Diawara, Département de Bakel	GIE BAMTARE	P2RS	<p>Il s'agit d'une mini laiterie alimentée par de l'énergie solaire, d'une capacité de 300 litres, équipée de tanks qui permettent la conservation du lait brut et des produits transformés. Les principaux équipements associés sont des panneaux solaires, des réfrigérateurs et un pasteurisateur. Les bénéficiaires sont les membres du GIE Bamtaré, un groupement mixte d'hommes et de femmes éleveurs de la commune. La laiterie collecte, transforme et commercialise localement. Les quantités collectées n'atteignent pas encore la capacité de l'équipement (environ 40 litres par jour en saison sèche lors de notre passage). Un comité de gestion est mis en place et il tient selon le président régulièrement ses comptes. Une grande partie du lait transformé est vendue dans l'agglomération de Diawara sous le label « Kossam Bamtaré ».</p> 	<p>Valorisation du lait par des procédés énergétiques plus durables Promotion de produits locaux de qualité Amélioration des revenus des éleveurs fournisseurs de lait</p>

Bonnes pratiques	Zone & site où l'action est menée	Bénéficiaires	Acteurs & partenaires techniques et financiers	Description de l'action	Avantages agronomiques, environnementaux ou socio-économiques
Ferme agro-écologique de Kôdid (culture fourragère)	Commune de Guédé Village, Département de Podor	Alpha Sall (exploitant privé)	SAED	<p>Il s'agit d'un périmètre aménagé de 2 ha où l'exploitant fait de la production bio de banane, de citron, de moringa et de fourrage. Il a trouvé le moyen de produire sans pesticides en utilisant des engrais verts. Il vend aux éleveurs du fourrage et aux producteurs des boutures de <i>maral alpha</i>. Le moringa est vendu à des transformateurs et est également exporté vers l'Europe.</p> 	<p>Promotion de l'agriculture biologique Disponibilité de fourrage en période de soudure Bon rendement des produits bio</p>

Bonnes pratiques	Zone & site où l'action est menée	Bénéficiaires	Acteurs & partenaires techniques et financiers	Description de l'action	Avantages agronomiques, environnementaux ou socio-économiques
RiceAdvice	Particulièrement dans le Delta et la Moyenne Vallée, de Fanaye à Podor	OP et groupements de producteurs, agents de vulgarisation et d'appui-conseil du secteur rizicole	AfricaRice	RiceAdvice est un outil Android d'aide à la décision de pré saison fournissant aux agriculteurs des lignes directrices spécifiques de gestion culturale pour les systèmes de production rizicole en Afrique. Les lignes directrices comprennent le rendement cible, la gestion des éléments nutritifs, le calendrier des cultures et des bonnes pratiques agricoles. Les outils sont interactifs et les lignes directrices sont générées sur la base des réponses des agriculteurs à des questions à choix multiples sur les conditions de la ferme, leurs pratiques culturales et le marché. Jusqu'au début de 2017, plus de 20 000 recommandations issues de RiceAdvice ont été générées (dont plus de 15 000 au Nigeria, suivi du Mali et du Sénégal). Les agriculteurs utilisant RiceAdvice rapportent des gains de rendement entre 0,6 et 1,8 T/ha et des gains de revenus entre 100 et 200 dollars par hectare. Plus de 95% des agriculteurs veulent continuer à utiliser RiceAdvice.	Meilleure maîtrise des itinéraires techniques Augmentation des rendements et des revenus,
Centre agroécologique et de production de Nguelakh	Gandon (Delta)	Jeunes agro-pasteurs		En zone d'élevage, le centre est placé au point de contact du walo et du diéri du terroir de Ndialakah. C'est un modèle école de ferme intégrée en agro-élevage : élevage par stabulation en étable (à l'ombre) ou en enclos (sous vergers) pour les bovins et pour les ovins ; laiterie et fromagerie ; basse-cour couverte ; pisciculture de silures (qui supportent la chaleur) en bassin dont l'eau, enrichie des déjections de poules (azote), est utilisée pour l'arrosage des cultures fourragères et maraichères. L'approvisionnement en eau est assuré par deux forages à 12m de profondeur à pompes solaires et d'un château d'eau de stockage. Les activités féminines sont organisées autour de la transformation du lait en yoghourt et fromage et de couture, teinture, confection et commercialisations de vêtements. Le centre s'est lancé fin 2020 dans la production de pomme de terre, une commande de 27 tonnes de semence vient d'arriver. A l'origine, centre d'alphabétisation en pular puis en français en 1989 il est devenu internat pour les bergers puis centre de formation en élevage moderne, artisanat puis enfin en agro-élevage intégré. La formation dure 4 ans puis le centre accompagne individuellement les élèves dans leur village pour les installer et pour les faire accepter par les anciens.	Intégration d'activités organisées autour d'un point d'eau et de son utilisation multiple Meilleure répliquabilité du modèle grâce à un accompagnement au village des apprenants

Bonnes pratiques	Zone & site où l'action est menée	Bénéficiaires	Acteurs & partenaires techniques et financiers	Description de l'action	Avantages agronomiques, environnementaux ou socio-économiques
Association Dental Bantaaré Tooro	Département de Podor	Eleveurs Producteurs Transformateurs	CIMAD France, projet PAPA, projet PIP, ACF, OMVS, projet PILA	Il s'agit d'une association qui réunit plusieurs villages et qui s'active principalement dans la transformation de lait et la production de fourrage. Une partie de cette production est vendue aux éleveurs et l'autre sert à des échanges contre le lait. L'association a formé deux auxiliaires vétérinaires par village pour assurer le suivi des vaccins et autres soins vétérinaires dans le département de Podor. Le lait est transformé en yaourt, en fromage, en « thiakry », en « fondé » etc. L'association grâce à l'appui de l'Etat du Sénégal a mis en place des unités de transformation et des unités de collecte de lait. Ces dernières fonctionnent à l'énergie solaire. L'association a participé à des campagnes de reboisement pour la fixation des dunes Des femmes de cette association ont bénéficié de 5 ha offerts par le village de Donaye/Tarédji pour la production maraîchère. L'association forme également les populations et surtout les femmes à l'alphabétisation.	Promotion de la culture fourragère Disponibilité de services vétérinaires dans les villages Amélioration des revenus des éleveurs et des transformateurs de lait Procédés énergétiques plus durables Promotion de produits locaux de qualité Protection de l'environnement
Initiatives sensibles au genre					
Stratégie genre de la SAED	Toutes les zones d'intervention de SAED	Productrices	SAED	La stratégie genre de la SAED, mise en place en 2012, est essentiellement basée sur (i) l'intégration de conseillers en promotion féminine au niveau des délégations SAED et d'une coordonnatrice de leurs activités dans chaque délégation, (ii) un appui aux groupements de productrices en leur réservant 10% des parcelles aménagées et en les dotant d'infrastructures pour leurs activités.	Accès durable des femmes à la terre et aux moyens de production
Attribution de périmètres maraîchers et arboricoles aux groupements et associations de femmes	Villages de Gankette et de Pakh, Lac de Guiers Village Hamady Ounaré, Département de Kanel (zone de Matam)	Groupements féminins	PGIRE/OMVS et SAED	Des terres agricoles sont affectées aux groupements et associations de femmes après délibération du conseil municipal pour la pratique du maraîchage et de l'arboriculture. Dans le département de Kanel, le GIE El Moussa Bagadia bénéficie de l'appui du PGIRE à travers l'installation dans le périmètre maraîcher de 7 ha d'un système d'irrigation type californien sur 5 ha. Ces femmes bénéficient de l'accès aux intrants agricoles via la SAED. Elles bénéficient également de l'encadrement technique de la SAED.	Diversification agricole Sécurisation de la production agricole Diversification des revenus des femmes

5 Les options d'adaptation retenues

5.1 Axe 1 : Innovation et production agricole durable

5.1.1 Gestion durable des eaux, des sols et des cultures

Les enjeux de gestion durable dans la vallée ont été identifiés sur la base des initiatives collectives et individuelles observées lors des missions de terrain et focus groups, d'une revue de littérature et des documents cadres de la SAED et de politique nationale.¹⁴⁷ Ces enjeux portent sur la gestion durable des ressources naturelles (eau, sols, couvert végétal) en contexte de CC en lien étroit avec les dimensions sociales et économiques de la durabilité. Les options d'adaptation retenues visent à maintenir un équilibre entre les usages et non à sanctuariser les ressources naturelles.

Les principaux constats ressortis par les ESD et les FG portent sur les éléments suivants :

- Urgence de certaines situations de dégradation sévère des sols et du couvert végétal (salinisation, érosion, diminution de la diversité des populations arbustives et arborées, etc.) ;
- Existence d'actions localisées et valorisables de conservation des eaux et des sols et de défense et restauration des sols (CES-DRS) ;
- Absence de dispositifs pérennes de retour d'expériences et diffusion des bonnes pratiques ;
- Evolution en cours à la SAED vers une approche de gestion environnementale intégrée.

Gestion durable des eaux

Les fréquentes sécheresses conduisent à l'assèchement rapide des mares et cours d'eau, avec des impacts préjudiciables sur les usages agricoles, pastoraux et piscicoles structurés autour de ces unités hydrographiques, mais également sur le couvert végétal. La réalisation d'ouvrages de régulation de types seuils, micro-barrages ou ouvrages de prise permettra une meilleure maîtrise des flux d'eau et ainsi de la durée de submersion. L'aménagement des mares a été identifié comme une priorité dans les zones du Gandiolais, du Lac de Guiers mais surtout de Matam et Bakel.

La qualité des eaux a également été identifiée comme un enjeu majeur au cours des entretiens : haute teneur en sel des eaux dans le Gandiolais, contamination des eaux du Lac de Guiers par les pesticides et engrais épandus sur ses berges, contamination des drains de la zone Podor par les produits agrochimiques (rendant ainsi l'eau impropre à l'abreuvement du bétail), etc. Une eau de mauvaise qualité peut avoir des conséquences directes sur le milieu et la santé des populations. Le CC constituera un facteur aggravant en favorisant la stagnation des masses d'eau (réduction des flux et du renouvellement en période de basses eaux) et l'augmentation de leur température (conditions favorables au développement de bactéries et à l'eutrophisation). Les entretiens et FG ont permis d'identifier les options d'adaptation prioritaires suivantes :

- Réduire l'utilisation de produits phytosanitaires et d'engrais chimiques à travers la valorisation des pratiques d'agriculture biologique et d'agroécologie (retours d'expériences, diffusion avec l'appui des interprofessions, accompagnement) ;
- Améliorer la capacité de drainage des AHA pour éviter la stagnation par le recalibrage des drains principaux et secondaires.

¹⁴⁷ En particulier la CPDN (2017) qui a permis une évaluation rigoureuse de la situation environnementale du Sénégal.

Gestion durable des sols

La vulnérabilité diffère selon les zones. En Haute Vallée et dans la zone de Matam, l'érosion des sols par les eaux de pluies produit une perte des horizons les plus riches. Ce phénomène qui conduit à la désertification du bassin versant s'accroît d'année en année. Le PGIRE (OMVS) a initié des aménagements de DRS qui comprennent la réalisation de gabions, cordons pierreux, fascines ainsi que la régénération assistée. Des initiatives localisées permettent la lutte contre l'érosion éolienne par la confection de brise-vents.

La principale option d'adaptation pour lutter contre l'érosion hydrique et éolienne consiste à diffuser les bonnes pratiques en matière de CES-DRS dans l'ensemble de la vallée. Il s'agira par exemple de veiller à supprimer les pratiques néfastes déjà identifiées telles que le surpâturage (i.e. destruction du couvert herbacé), la déforestation/planage intégral pour la réalisation d'AHA, ou la mise à nu des sols cultivés en intersaison. Pour ce faire, il s'agira de :

- favoriser les mises en défens en particulier dans la Haute Vallée (la SAED et les mairies envisagent de mettre en défens deux périmètres pilotes de 100 à 200 ha) ;
- traiter les portions des sous-bassins versants les plus exposées à l'érosion par la réalisation de brise-vents et cordons pierreux qui joueront le rôle de pièges à sable ;
- modifier les normes d'aménagement en imposant dans les CGES et EIES la préservation d'une partie du couvert végétal ;
- introduire la jachère améliorée dans les rotations culturales.

Le phénomène d'appauvrissement et de stérilisation des sols par salinisation est une problématique majeure dans la VFS, particulièrement dans le Delta et le Gandiolais, qui induit une réduction du potentiel cultivable, des pertes considérables de rendements et un appauvrissement du couvert végétal (peuplement mono-spécifique de Tamarix). Le CC risque de favoriser les remontées salines par l'augmentation de l'évaporation et la diminution des durées de submersion. Les options d'adaptation prioritaires diffèrent selon l'échelle d'intervention :

- Au niveau des parcelles individuelles et périmètres collectifs : utilisation des variétés les plus tolérantes, adaptation des pratiques d'irrigation (conservation d'une lame d'eau sur les parcelles les plus salées pour favoriser le lessivage ; introduction du drainage profond), amendements en matière organique dans les sols sableux et utilisation du phospho-gypse ;
- A l'échelle régionale : réalisation d'infrastructures hydrauliques (d'amenée d'eau) pour la remise en eau de la zone des trois marigots et prolongement du canal du Gandiolais.

Les mesures de conservation du couvert arboré participent aux options d'adaptation pour la gestion durable des sols. La réhabilitation des peuplements de jujubiers, balanites et gonakiers est l'option prioritaire dans les zones qui y sont favorables. Elle permettra de créer des forêts plus denses visant à fixer et à régénérer les sols tout en apportant aux couches les plus vulnérables (femmes et enfants) des ressources financières supplémentaires à travers la cueillette.

Gestion durable des cultures

L'agriculture de la VFS est très exposée et sensible aux effets du CC, auxquels viennent s'ajouter d'autres contraintes majeures telles que les attaques par les oiseaux granivores. Les cultures pluviales les plus exposées sont parfois abandonnées ; les cultures de décrue ne représentent plus que 36% de ce qu'elles étaient avant les sécheresses ; les cultures irriguées requièrent toujours plus d'eau et

produisent moins, ce qui réduit considérablement la rentabilité des systèmes de culture (allongement de la durée et de la fréquence d'irrigation, constatée dans la plupart des zones d'études, mais de manière plus prononcée à Podor et dans le Gandiolais). Les options d'adaptations prioritaires pour une gestion durable de ces différents types de culture sont :

- Accompagner le développement des technologies d'irrigation les plus efficaces ;
- Soutenir les programmes de recherche-action portant sur les variétés cultivées les plus résistantes au déficit hydrique ;
- Favoriser les rotations des cultures pluviales, maraichères et irriguées afin de supprimer les monocultures et ainsi de réduire l'infestation des parcelles qui entraîne des surcoûts, des pratiques non durables de surdosage en produits phytosanitaires et des pertes de récoltes ;
- Réviser les programmes actuels de lutte contre les oiseaux granivores afin d'en améliorer l'efficacité (i.e. un programme de lutte intégrée à l'instar du programme de lutte contre le criquet pèlerin qui comprend un contrôle de la population, une surveillance des parcelles et un mécanisme d'assurance en cas de pertes).

5.1.2 Amélioration et préservation des espèces cultivées

Cultures pluviales

Pour l'agriculture pluviale, l'amélioration devra cibler les céréales (mil, sorgho), le béréf (pastèque locale) et les légumineuses sèches (niébé en particulier) pour développer des variétés mieux adaptées au climat sec et chaud et améliorer la chaîne de valeur. Des variétés de mil à cycle court et plus tolérantes à la sécheresse sont disponibles (ISRA/CERAAS). De même, des variétés de sorgho et niébé plus tolérantes au stress hydrique ont été développées (ISRA/CERAAS). Le frein principal à leur utilisation par les producteurs est la production et l'accès à des semences en quantité suffisante et de qualité certifiée. Un deuxième frein est la communication de ces résultats vers les producteurs. Parmi les nouveaux caractères à rechercher, le développement de variétés à double usage produisant à la fois du grain et du fourrage est une piste prometteuse pour favoriser l'intégration culture-élevage qui permettra d'augmenter les revenus, diminuer la pression de pâturage et permettrait également une meilleure gestion de la fertilité (fumure). Des projets de recherches ont déjà été menés par l'ISRA pour développer des mils, sorghos et niébés à double usage (projet USAID SIIL par exemple).

Les traits de qualité nutritionnelle et favorables à la transformation chez le mil, sorgho et niébé sont également à rechercher. Par exemple, le mil présente une qualité nutritionnelle du grain très intéressante (sans gluten, riche en protéines, acides aminés essentiels et micronutriments). Des travaux d'amélioration doivent être réalisés pour mieux fixer ces caractères dans des variétés « élites ». L'amélioration devra également mieux prendre en compte la chaîne de valeur pour favoriser le développement d'une transformation locale pour valoriser la production des céréales et légumineuses des zones sèches.

Globalement, pour ces zones, l'amélioration devrait également prendre en compte une évolution des pratiques culturales pour faire face aux contraintes climatiques et à la perte de fertilité des sols : développement de variétés adaptées à l'agroforesterie ou à la culture en association.

Cultures de décrue

Il faudra veiller à valoriser les cultures traditionnelles de décrue et en particulier le sorgho :

- Il s'agit tout d'abord de reconstituer le capital semencier perdu avec les longues périodes de sécheresse.
- Des projets de recherche sont développés par des acteurs régionaux pour améliorer le sorgho de décrue (ISRA, CIRAD, IER au Mali par exemple). Il conviendra de mieux diffuser les nouvelles variétés ainsi développées. Ainsi, une variété de sorgho sans tanin a été vulgarisée par le projet Kawolor.
- Un enjeu majeur est de conserver la diversité génétique locale des sorghos de décrue. C'est une ressource inestimable pour le développement de variétés adaptées aux climats futurs.

Il faudra également diffuser de nouvelles variétés de plantes de décrue potentielles comme la patate douce à pulpe jaune (vulgarisation par le projet Kawolor).

Riziculture

Van Ort et al. (2016)¹⁴⁸ ont proposé de généraliser la double culture avec des variétés à cycle moyen, changer les dates de semis, sélectionner des variétés tolérantes au froid et intensifier les cultures. En termes d'amélioration des plantes, des programmes ont permis d'identifier des QTL (locus de caractères quantitatifs) pour des traits d'adaptation aux contraintes climatiques.

Des variétés tolérantes aux températures extrêmes sont développées par AfricaRice pour la VFS (Station Sahel de l'AfricaRice à Ndiaye). Des variétés tolérantes au froid ont ainsi été produites pour pouvoir semer plus tôt (ex : Nérica 13). AfricaRice a aussi mis en place des variétés tolérantes à la chaleur comme Sahel 108, très populaire. Sa transpiration abondante en période de chaleur permet de refroidir sa panicule et a en plus un taux à l'usinage très élevé. En parallèle, le modèle RIDEV a été développé pour cartographier les risques de stérilité pour différents sites cultivés au Sahel en prenant en compte le climat local, la variété et le calendrier cultural. Ces efforts doivent être poursuivis en exploitant en particulier la diversité génétique présente chez le riz africain, *Oryza glaberrima*, qui présente des caractères de tolérance aux stress abiotiques et biotiques très intéressants qu'il conviendrait d'introgesser dans des variétés hybrides (type Nerica).

Il existe des systèmes d'irrigation alternée moins gourmands en eau (dits « wet and dry ») dans lesquels on peut maintenir le rendement en diminuant les coûts/consommation d'eau et qui ont l'avantage de diminuer également l'émission de gaz à effet de serre (méthane¹⁴⁹, NOx). L'adoption de ces techniques devrait s'accompagner du développement de variétés optimisées. La technique du riz pérenne avec repousse du riz après la récolte est en expérimentation (5 variétés originaires de la Chine en phase test). Ce type de culture de céréales pérennes permettrait potentiellement d'augmenter la productivité et la résilience de la riziculture et de réduire le travail et les intrants. La salinité aggravée par les sécheresses est un facteur limitant la riziculture. AfricaRice développe en collaboration avec l'ISRA des variétés tolérantes à la salinité pour la zone du Delta (Isriz10 et 11).

Autres améliorations

Pour les zones touchées par la salinisation, il serait envisageable de développer l'utilisation d'espèces fourragères adaptées au sel, par exemple *Sporobolus* sp.

¹⁴⁸ Van Oort, P. A. J., Balde, A., Diagne, M., Dingkuhn, M., Mannesh, B., Muller, B., Stuerz, S. (2016). Intensification of an irrigated rice system in Senegal: Crop rotations, climate risks, sowing dates and varietal adaptation options. *European Journal of Agronomy*, 80, 168–181.

¹⁴⁹ La riziculture est responsable d'environ un quart des émissions de méthane anthropiques.

Pour les produits forestiers, il s'agit de poursuivre la recherche sur la domestication du *soump*, (*Balanites aegyptiaca*) et de vulgariser la variété domestiquée de jujubes. Des recherches sur une intégration de ces espèces dans des systèmes agroforestiers adaptés à la zone sont à encourager.

Dans tous les cas, un enjeu crucial est l'accès aux semences de qualités. Plusieurs actions peuvent être proposées en ce sens :

- Le développement d'une production locale par structure de type coopérative ;
- Des actions de formation à la conservation et à la gestion des semences (ISRA, AfricaRice, IRD/CIRAD).

5.1.3 Gestion durable des parcours et des troupeaux

La gestion des parcours et les modes de gestion des troupeaux peuvent être améliorés pour assurer aux troupeaux extensifs de la VFS un meilleur accès aux ressources et/ou leur permettre de mieux faire face aux conditions nouvelles imposées par le CC. Les actions à entreprendre dans ce sens sont pour la plupart déjà promues soit par l'État (à travers par exemple ASAMM/APEFAM, le PADAER ou le Programme Fourrage du Ministère de l'Élevage), soit par des interventions de développement (USAID Yaadjendé, ASSTEL¹⁵⁰ phases 1, 2 et 3 du GRET, projet Ega Egga du FFEM). Cependant, la plupart des innovations techniques (cultures fourragères, intensification du mode de production, etc.) se sont en général heurtées à des résistances des pasteurs, qui les associent souvent à la sédentarisation de leurs troupeaux. La situation actuelle de l'élevage dans la VFS, avec ses contraintes plurielles, semble pousser les éleveurs à se rendre à l'évidence de la nécessité d'un changement de pratiques. Il ressort ainsi de tous les entretiens et ateliers zonaux que les cultures fourragères sont une solution face à la baisse de la quantité et de la qualité des pâturages. Les options d'adaptation proposées par les éleveurs et autres acteurs de l'élevage rencontrés lors de la mission peuvent être regroupées en six grandes catégories :

L'introduction de pratiques de conservation de l'herbe et de valorisation des pailles sèches (ensilage, paille améliorée, etc.) : les techniques de conservation du fourrage, qu'il soit naturel (fourrage de brousse) ou issu de cultures, sont sollicitées par les acteurs de la VFS. Les techniques d'ensilage et l'amélioration des pailles sèches sont intéressantes dans les zones du Delta et autour du Lac de Guiers, où l'intensification des systèmes d'élevage est déjà amorcée. Plus largement dans la VFS, des techniques de fauchage de l'herbe respectueuses de l'équilibre écologique des parcours, mais aussi consensuelles entre les éleveurs, sont nécessaires à la promotion de la conservation des fourrages, car des centaines d'hectares partent en feu chaque année (comme signalé par les éleveurs de Matam et Bakel) et les éleveurs ne s'entendent pas sur les règles de fauchage des pailles de brousse. Les désaccords soulevés lors des entretiens dans la zone du Lac et de Matam en témoignent : en l'absence de règles, ceux qui ont plus de moyens de fauche et de conservation risquent de priver les éleveurs les plus démunis d'une ressource communautaire. Des problèmes similaires se posent entre les éleveurs et les populations résidentes, qui ont déjà commencé à commercialiser la paille de brousse.

La promotion des cultures fourragères d'hivernage et irriguées : cette option est l'une des options phares de l'État pour juguler les déficits fourragers récurrents. Les cultures fourragères ont plusieurs fois été testées sans succès en milieu pastoral. Les raisons techniques de leur non adoption (dont la disponibilité de l'eau, les besoins en main-d'œuvre et la maîtrise des itinéraires techniques) pourraient

¹⁵⁰ ASSTEL : Accès aux Services et Structuration des Exploitations Familiales d'Élevage.

être levées dans la VFS où la semi-stabulation des animaux est de plus en plus pratiquée et l'engagement de la SAED et des organisations de producteurs affiché. Les questions de rentabilité économique, d'accès au foncier et de la concurrence avec les autres cultures, notamment vivrières, nécessitent d'être évaluées avant une mise à l'échelle. Des expériences pilotes développées par la SCL ou encore la FAO (au travers de champs-écoles dans le département de Linguère), en sus des cas de bonnes pratiques portés par des entrepreneurs privés (Bakel, Gandiolais, Lac de Guiers) pourraient éclairer davantage leurs conditions d'expansion.

L'aménagement de points d'eau pastoraux dans les *diéri* : Pour disposer d'eau de surface, l'aménagement de nouveaux points d'eau et l'amélioration de la stagnation de l'eau dans les mares pastorales situées dans ces zones de *diéri* est une option d'adaptation proposée par les acteurs. Elle permettrait de retenir plus longtemps les troupeaux dans ces zones moins convoitées et réduirait les conflits d'accès à l'eau du fleuve et du Lac. Il peut s'agir de puits pastoraux à forer ou du surcreusement des mares naturelles. Des expériences de mares aménagées existent dans le Ferlo, avec des résultats positifs (la marre aménagée de Warkhokh et celle de Barkédji dans le département de Linguère sont des exemples).

L'amélioration génétique avec sélection de races adaptées aux conditions climatiques : les discussions avec les acteurs ont fait ressortir l'intérêt de l'amélioration génétique. L'introduction de races exotiques n'est pas une innovation, mais les programmes d'insémination pourraient être mieux orientés en optant pour des races adaptées aux conditions climatiques (zébus du Brésil ou d'Inde, par exemple) et qui ont des capacités laitières et de production de viande plus importantes. La conservation du zébu Gobra est tout de même importante pour éviter des pertes génétiques, qui sont redoutées aujourd'hui par les spécialistes en regard de l'insémination non contrôlée, cette espèce étant encore la mieux adaptée aux conditions climatiques. Selon les éleveurs rencontrés, l'amélioration de la couverture vaccinale du bétail et des infrastructures de santé animale (parcs de vaccination) sont des actions nécessaires et complémentaires de l'amélioration génétique.

L'appui aux plans de gestion des unités pastorales (UP) : Plusieurs UP ont été mises en place dans la VFS, notamment à Matam (projet Ega Egga, PADAER, ASAMM/APEFAM). La plupart ne sont pas fonctionnelles faute de suivi des actions à la fin des projets les ayant promues et de ressources financières et compétences techniques suffisantes. Pour être fonctionnelles et durables, les instances mises sur pied (pour la gestion des conflits, la maîtrise des feux de brousse, la gestion de l'eau des forages pastoraux et des redevances afférentes, ou encore la préservation des mises en défens) doivent être financées et un encadrement technique fourni.

L'aménagement de couloirs de passage pour l'accès à l'eau dans les espaces irrigués : la sécurisation des couloirs d'accès à l'eau du fleuve, du lac et des grandes mares (notamment dans la zone de Bakel) permettrait d'améliorer l'abreuvement des troupeaux et d'apaiser les tensions liées à l'accès à l'eau. Les POAS ont été initiés dans cette optique, mais comme les UP, ils ne sont pas fonctionnels.¹⁵¹ Il s'agit donc avant tout de mettre en place des innovations institutionnelles capables de faire s'entendre les usagers qui sont en concurrence pour l'usage de certaines ressources telles que l'eau. Les communes

¹⁵¹ Voir notamment Touré E. H. (2011) et Wane et al. (2006) concernant les raisons les raisons de cette non fonctionnalité ou les conditions de fonctionnalité.

ont besoin de ressources humaines compétentes sur les arrangements institutionnels pour bien élaborer et suivre l'application de ces POAS.

5.2 Axe 2 : Gestion et prévention des risques liés aux évènements hydrométéorologiques extrêmes

5.2.1 *Adaptation des activités agricoles aux prévisions climatiques (planification agricole)*

De plus en plus, on considère que l'utilisation des prévisions climatiques et météorologiques en agriculture peut contribuer à la réduction de la vulnérabilité climatique et améliorer la sécurité alimentaire des agriculteurs. Selon Sultan et al., (2013)¹⁵² être en mesure d'anticiper les fluctuations climatiques quelques jours à quelques mois à l'avance peut faire une vraie différence dans les stratégies d'adaptation des populations africaines face à ces changements. En Afrique de l'Ouest, le Centre Régional Agrhymet et le Centre Africain pour les Applications de la Météorologie au Développement (ACMAD) en collaboration avec les services hydrométéorologiques des pays ont mis en place depuis 1998 un système opérationnel de prévisions saisonnières des pluies. Ce système a été étendu au cours des dernières années à la date de démarrage et la fin de la saison des pluies, la distribution de la pluie à l'intérieur de la saison des pluies. C'est ainsi que depuis 2011, l'ANACIM mène en partenariat avec le programme Climate Change Agriculture and Food Security (CGIAR/CCAFS), les services techniques de l'agriculture (DA, ISRA, BAME, DPV), les organisations paysannes ainsi que les radios communautaires un projet de fourniture de services climatiques pour le secteur de l'agriculture pluviale. Par ailleurs, le gouvernement du Sénégal affine désormais ses stratégies de distribution d'intrants, de semences adaptées et de conseils agronomiques en fonction de ces prévisions des précipitations.

La principale difficulté est souvent d'élaborer des prévisions fiables, compréhensibles par les agriculteurs puis les disséminer. Les paysans doivent, en outre, être en mesure de mettre en place des stratégies de réponses adaptées au regard de ces prévisions. Les moyens de communications de la prévision, son interprétation par les agriculteurs et son intégration parmi les différentes stratégies locales d'adaptation aux aléas climatiques sont alors des enjeux cruciaux pour espérer tirer des bénéfices des informations climatiques. Sultan et al. (2013) ont déjà montré les bénéfices des prévisions saisonnières sur les revenus des paysans.

Au cours des réunions techniques sur la co-construction des scénarios d'impacts climatiques et l'analyse de la vulnérabilité face au CC, conscients de l'intensification du réchauffement et de la recrudescence des phénomènes climatiques extrêmes, les participants ont exprimé en matière de besoins d'information climatique, en plus des prévisions sur les précipitations qu'ils utilisent tant bien que mal, des prévisions saisonnières et des prévisions météorologiques de la température et des évènements météorologiques extrêmes (vagues de chaleur, fortes pluies et inondations). De l'analyse de nos enquêtes, il ressort que sur 20 FG spécifiques aux cultures irriguées et pluviales, 8 ont également exprimé des besoins en information climatique. Ces besoins y compris la formation des producteurs et l'accès aux équipements et données météorologiques ont été également exprimés par

¹⁵² Sultan B., Roudier P., Quirion P. (2013). Les bénéfices de la prévision saisonnière dans l'agriculture en Afrique de l'Ouest. In : Bossuet J. (coord.), Vadez V. (coord.). Surmonter les défis de l'agriculture en zones sèches. Sécheresse, 304-313.

les deux institutions de recherches agricoles interviewées (Africa Rice et ISRA) ainsi que la Direction régionale de l'Agriculture de Saint-Louis et de Matam.

Les activités prioritaires à entreprendre, dans ce sens, sont les suivantes :

- Renforcer le réseau d'observation météorologique à travers l'installation et le suivi de stations météorologiques automatiques dans la zone d'intervention de la SAED ;
- Combiner l'élaboration des prévisions climatiques (un à deux mois avant la campagne) avec les prévisions météorologiques (court à moyen terme) de température, de vagues de chaleur, de fortes pluies et de vents violents ;
- Interpréter et proposer aux producteurs des stratégies de réponses adaptées au profil de la prévision ;
- Former les agents chargés de la vulgarisation, de l'appui-conseil agricole et les journalistes des radios publiques et communautaires à la dissémination des prévisions et des réponses adaptatives à apporter ;
- Conduire des évaluations *ex ante* de la qualité des prévisions et des bénéfices de l'utilisation de ces prévisions en agriculture.

5.2.2 Renforcement des systèmes d'assurance agricole

Dans son portefeuille d'options d'adaptation aux horizons 2016-2035, le gouvernement du Sénégal entend, à travers sa CPDN (2015) et sa CPDN révisée (2020), promouvoir à l'échelle du pays des systèmes d'assurance agricole dans les secteurs de l'agriculture, de l'élevage et de la pêche. L'assurance agricole permet, en effet, de réduire la vulnérabilité des petits producteurs aux chocs climatiques et phytosanitaires en sécurisant les crédits agricoles et en protégeant ainsi leurs investissements (Muller et al. 2010)¹⁵³. Ces assurances sont de plus en plus considérées comme de véritables outils d'adaptation au CC. La perspective de les développer est séduisante, puisqu'en permettant de sécuriser les revenus, celles-ci pourraient contribuer au développement de systèmes plus intensifs et donc plus productifs (Barnett et Mahul, 2007¹⁵⁴ ; Skees et Collier, 2008¹⁵⁵). L'Initiative pour la résilience rurale R4, pilotée entre 2013 et 2016 au Sénégal par le Programme Alimentaire Mondial (PAM) et Oxfam America, a par ailleurs montré que les producteurs assurés investissaient davantage dans des moyens de production et intrants agricoles et avaient moins recours à des stratégies telles que la décapitalisation suite à des chocs (PAM et Oxfam America, 2017¹⁵⁶).

Dans la VFS, deux types de produits d'assurance sont proposés aux producteurs par la Compagnie Nationale d'Assurance Agricole du Sénégal (CNAAS) et ses partenaires : l'assurance agricole classique dite « multirisque » et l'assurance agricole indicielle. L'assurance agricole multirisque est destinée à la chaîne de valeur du riz irrigué dans la VFS. Elle propose une indemnisation fondée sur la survenance d'un sinistre déclaré par le producteur, puis constaté et mesuré par un spécialiste. Les risques couverts sont principalement les attaques d'oiseaux et d'autres ravageurs, la divagation des animaux, les vagues de chaleur, les inondations et les pluies hors-saison. Le seuil de couverture est un pourcentage du

¹⁵³ Muller B., O. Mahul, W. Dick, I. Wade, F. Affholder, M. Fall (2010). L'assurance agricole : un outil potentiel d'appui au développement en Afrique de l'Ouest soudano-sahélienne. Colloque « Agir en situation d'incertitude », 22-24 novembre 2010, Montpellier, France.

¹⁵⁴ Barnett B. & Mahul O. (2007). Weather index insurance for agricultural and rural areas in lower-income countries, *American Journal of Agricultural Economics*, 89 (5), 1241-1247.

¹⁵⁵ Skees, J.R., Collier, B. (2008). The potential of weather index insurance for spurring a Green Revolution in Africa, GlobalAgRisk Inc., in *The AGRA (Alliance for a Green Revolution in Africa) Policy Workshop*, Nairobi, Kenya, June 23-25, www.globalagrisk.com

¹⁵⁶ PAM et Oxfam America (2017). Oxfam evaluation summary. Building more resilient communities in Senegal. Impact evaluations of the R4 Rural Resilience Initiative in Senegal (2013-2016), 4 p.

crédit de campagne du producteur. En 2018, la valeur assurée était de 1,7 milliards de FCFA. Cette assurance a touché 28 000 riziculteurs et 30 392 ha de riz cultivé (Feed the Future Sénégal Naatal Mbay, 2019)¹⁵⁷.

A titre de diversification de son portefeuille de produits d'assurance, la CNAAS a introduit un nouvel indice basé sur le rendement du riz irrigué. Selon nos enquêtes, les riziculteurs du casier rizicole de Kobilou (Matam) jugent que les critères de déclenchement des indemnités sont plus transparents comparativement à l'assurance multirisque. En outre, les agriculteurs comprennent peut-être mieux l'assurance basée sur un rendement moyen par zone que les autres produits indiciaires, ce qui peut accroître leur confiance.

Comme démontré dans ce rapport, la VFS connaît une prévalence de risques climatiques importants (élévation de la température, pluies intenses et inondations) et d'autres types de risques liés à diverses pressions phytosanitaires (invasions aviaires, émergence d'insectes ravageurs) et techniques (pannes des systèmes pompes par exemple). En outre, comme souligné par Pinord (2009)¹⁵⁸ et confirmé lors de nos enquêtes et échanges auprès des organisations professionnelles de la tomate, les productions maraîchères irriguées de la VFS pâtissent de risques climatiques divers. Les paysans citent notamment des vagues de chaleur qui affectent fortement les productions de tomate.

Dans ce contexte trois activités prioritaires seront ciblées :

- appuyer l'extension du système d'assurance indexé sur le rendement du riz irrigué ;
- appuyer l'expérimentation et l'évaluation d'un programme pilote d'assurance agricole couvrant le risque « vague de chaleur » en faveur des producteurs de tomate dans la VFS, une zone pilote devant être déterminée en concertation avec la SAED et ses partenaires ;
- combiner les mécanismes d'assurance agricole à d'autres initiatives de gestion des risques (création d'avoires communautaires, crédit et épargne), de sorte que les agriculteurs les plus pauvres puissent en bénéficier.

5.2.3 Mécanismes d'alerte et de réponse aux catastrophes

Les FG et ESD menés lors de cette étude ont souligné les inquiétudes des acteurs locaux concernant l'incidence des fortes crues sur la durabilité technique des AHA et sur leur utilisation des ressources naturelles (déplacement des zones d'abreuvement, de pâturage et de pêche, notamment). Les principaux risques identifiés sur les systèmes de production sont : les inondations des périmètres irrigués, les ruptures de digues et l'érosion des berges. Ceci est particulièrement prégnant en amont des endiguements Rosso-Diama (arrondissements de Gamadji-Sarré, Cas-Cas et Ross Bethio).

Depuis une dizaine d'années, la baisse rapide des plans d'eau et les faibles débits d'étiage, particulièrement en février et mars lorsque la demande en électricité est moindre, provoquent des difficultés récurrentes pour la mise en eau des rizières pour la contre-saison et l'irrigation des cultures d'oignon et de tomate fortes consommatrices d'eau. Ainsi, à Podor, il a été observé en mars 2020 que le niveau du fleuve pouvait s'abaisser de 12 cm dans la journée à cause de la demande en eau des cultures et du faible débit. Outre la difficulté à satisfaire la demande en eau en volume, certaines zones

¹⁵⁷ Feed the future Sénégal Naatal Mbay, USAID, IPAR (2019). L'assurance agricole au Sénégal, 12 pages.

¹⁵⁸ Pinord (2009). Study of the agricultural risks in the Senegal River valley, Programme d'appui aux initiatives du Nord, 44 p.

irriguées telles que le Ngallenka dans le département de Podor ou les rives du Lac de Guiers rencontrent des difficultés d’approvisionnement du fait du bas niveau du plan d’eau.

Les actions prioritaires à entreprendre pour améliorer les mécanismes d’alerte et de réponse aux catastrophes sont :

- **L’amélioration de la connaissance et du suivi de l’hydrogramme du fleuve Sénégal** dans une visée opérationnelle. Il s’agit essentiellement de l’actualisation des jaugeages et des profils en travers et en long du fleuve, ainsi que du développement et de l’opérationnalisation d’outils de pointe pour le suivi de l’évolution de la crue et la prédiction, tout en maintenant un réseau d’observation empirique (cf. Figure 35).
- **Le renforcement des capacités de la SAED à anticiper les risques pour les AHA** par : l’actualisation des profils en travers et des jaugeages des principaux adducteurs (afin de préciser leurs capacités réelles à absorber l’onde de crue et d’identifier au contraire les seuils réduisant leur alimentation en cas de faible débit) ; un inventaire des AHA les plus vulnérables aux inondations (selon leur distance au fleuve, la côte de calage des parcelles et canaux les plus bas dans la topographie, la vétusté des infrastructures de pompage et de transport de l’eau) ; un inventaire des AHA les plus vulnérables au déficit d’eau (trop hauts par rapport au fleuve) ; le contrôle de l’extension des terres cultivées dans les zones à risque (mise à jour du SIG-SAED d’après les zones inondables identifiées par l’étude BRL de 2018¹⁵⁹) ; l’évolution des standards d’aménagement pour une meilleure durabilité face aux inondations (amélioration du réseau de drainage ; rehaussement des digues de protection) ; la définition d’une procédure standard permettant de déclencher un dispositif de suivi de proximité sur les infrastructures les plus vulnérables (cf. *supra*) à partir de l’exploitation des bulletins de suivi des crues édités par la Division Régionale de l’Hydraulique de Saint Louis¹⁶⁰ pour prendre les décisions idoines en cas d’alerte.
- **L’amélioration de la gestion des infrastructures de régulation** du fleuve à travers la conduite de négociations au sein de la Commission Permanente des Eaux (CPE) de l’OMVS, en vue notamment de l’arrêt des lâchers in extremis au niveau du barrage de Manantali, qui empêche toute prévision des crues et adaptation aux risques des usagers à l’aval (cf. la section 5.3.4 relative à la gestion des barrages de Manantali et Diama).

Figure 35. De l’importance de maintenir un réseau d’observation empirique.

L’OMVS s’est doté depuis quelques années d’un système de suivi automatisé à distance lui permettant de connaître en temps réel la hauteur d’eau pour une dizaine de stations clés. Pour des raisons qui restent à préciser (défaut de connexion, problème d’étalonnage, etc.) ce dispositif a connu des difficultés de fonctionnement. Le suivi des hauteurs de crue a pu continuer grâce au réseau des observateurs locaux et lecteurs d’échelles, ce qui rappelle l’importance de ces observateurs en plus de leur rôle dans l’évaluation visuelle des risques d’inondations. Il est crucial que ce réseau d’observateurs soit soutenu parallèlement au développement d’outils de pointe par (i) l’évolution de leur travail, à lier avec la création de Points d’Information sur les Crues (SDAGE 2011, repris en 2018 dans l’actualisation du plan d’alerte par BRL) ; (ii) la remise en état de l’ensemble des échelles limnimétriques, dont certaines ne sont plus lisibles et mal raccordées au nivellement général.

¹⁵⁹ BRL (2018). Etude sur les risques d’inondation et le déversement non contrôlé connexe de l’eau des barrages de Diama et Manantali et le plan de préparation aux situations d’urgence. PDIDAS : 399p.

¹⁶⁰ Ce bulletin quotidien indique les côtes du fleuve à Bakel, Matam, Podor, Richard-Toll, Diama et Saint Louis en rappelant quelles sont les côtes atteintes en année N-1 et les côtes d’alerte, ainsi que la tendance à la hausse ou à la baisse. Actuellement 16 employés de la SAED de Bakel à Saint Louis sont dans la liste de diffusion.

5.2.4 Gestion des crises pastorales

Comme déjà dit plus haut, les crises pastorales s'accroissent dans la VFS et leur gestion n'est pour l'instant pas optimale. Pour autant, les mécanismes de gestion et de prévention des crises agropastorales sont pluriels et peuvent s'inscrire à la fois dans des opérations d'urgence ou de prévention. Dans tous les cas, ils se révèlent souvent indispensables pour réduire la vulnérabilité des éleveurs. Les systèmes d'information et les opérations de sauvegarde du bétail (OSB) sont devenus les options classiques de l'État sénégalais. Les acteurs de l'élevage, en général, réfléchissent sur l'opportunité d'élargir ces mécanismes de gestion à l'assurance « bétail » et, de manière plus englobante, à l'inclusion des éleveurs dans les programmes de protection sociale. Les éleveurs de la VFS reconnaissent l'existence de plusieurs mécanismes auxquels ils ont déjà accès. Lors de la priorisation des options pendant les ateliers zonaux, représentants d'éleveurs et autres acteurs de l'élevage ont insisté sur l'importance de ces instruments et souhaitent leur amélioration et adaptation aux besoins des agro-éleveurs de la vallée.

La mise en place d'Opérations Sauvegarde du Bétail (OSB) : C'est une des actions d'urgence les plus anciennes au Sénégal consistant à la mise à disposition d'aliments du bétail subventionnés (jusqu'à 50%). Activée pour une première fois lors de la sécheresse de 1972, elle est mise en place de manière récurrente par le ministère de l'élevage. Son efficacité est mitigée au regard des problèmes de ciblage des bénéficiaires qui sont fréquemment soulevés, mais avec la récurrence des longues périodes de sécheresse, les éleveurs font feu de tout bois pour accéder à l'aliment du bétail. Ce mécanisme de gestion des crises pourrait être amélioré avec une plus grande responsabilisation des organisations d'éleveurs par la mise sur pied de banques d'aliments de bétail (BAB) fonctionnelles sur des fonds de roulement autonomes, à l'image des expériences menées au Burkina Faso et au Niger par le RECOPA¹⁶¹ et le RBM¹⁶².

L'amélioration des systèmes d'information : Il s'agit de développer des systèmes d'alerte précoce à l'endroit des décideurs pour une meilleure préparation des réponses aux crises pastorales. Concernant les systèmes d'information en direction des éleveurs, leur efficacité par rapport aux systèmes endogènes de circulation d'information reste encore controversée. Ces deux existent et nécessitent d'être améliorés. Néanmoins, les nouvelles technologies de l'information et de la communication pourraient être davantage utilisées pour diffuser des prévisions saisonnières aux éleveurs de la VFS afin qu'ils puissent planifier le déstockage de leurs animaux. L'ONG Agronomes et Vétérinaires Sans Frontières (AVSF) a développé des expériences de ce type dans le Ferlo (système pastoral d'information et d'alerte dans le cadre du projet Ega Egga), avec en outre un système de veille sur les feux de brousse et une information sur l'accessibilité des points d'eau.

Le développement de produits d'assurance bétail adaptés à l'élevage extensif est en réflexion ces dernières années. Une expérience a été déjà testée sur les systèmes extensifs du nord du Sénégal en 2014, mais le produit proposé (assurance tout risque adossée à un produit d'appel qui était l'aliment de bétail) n'était pas adéquat et le dispositif de suivi des polices était inadapté au regard de la mobilité des troupeaux (Diao-Camara et Sall, 2015). Dans la VFS, l'assurance indicielle fait partie des options d'adaptation des agriculteurs ; certains éleveurs, qui sont aussi des riziculteurs, commencent à souscrire à de telles assurances. En faire une option d'adaptation des systèmes d'élevage est judicieux

¹⁶¹ Réseau de communication sur le pastoralisme (RECOPA).

¹⁶² Réseau Bilital Marrobbé.

à condition de considérer les recommandations des études de faisabilité (une étude de faisabilité a déjà été réalisée dans le cadre du projet BRACED¹⁶³ et une autre confiée à l'ILRI est en cours actuellement au Sénégal).

L'inclusion des éleveurs dans les programmes de protection sociale : Il existe au Sénégal des mécanismes de protection sociale pensés pour venir en aide aux catégories les plus vulnérables. Ils ne visent pas exclusivement les ménages faisant face à des risques climatiques, mais constituent des filets de sécurité génériques pour les groupes socio-économiques les plus exposés à différents facteurs de vulnérabilité. Le ciblage de ces groupes est une question complexe mais cruciale. L'exposition récurrente des éleveurs aux chocs climatiques est un facteur de vulnérabilité reconnu. Or, sur ces mécanismes, le niveau d'inclusion des éleveurs est souvent questionné. Le registre national unique (RNU) mis en place depuis 2013 sera bientôt ouvert à une extension sensible aux facteurs de vulnérabilité climatique. Les communautés pastorales et agropastorales font partie des cibles spécifiques visées pour cette extension, d'autant que dans la VFS, les vulnérabilités face aux CC sont aggravées par les difficiles conditions d'accès aux fourrages naturels du fait de l'avancée de l'agriculture et de la culture irriguée en particulier. Aussi, le ciblage des éleveurs pour ces programmes de filets sociaux devrait être attentif à la spécificité de la viabilité pastorale, qui varie selon le niveau de diversification en général mais surtout agricole des ménages pastoraux.

5.3 Axe 3 : Aménagements & infrastructures

5.3.1 Vers des systèmes d'irrigation plus efficaces

L'efficacité est un critère essentiel d'évaluation de la performance des systèmes irrigués. Une faible efficacité de transport puis d'application à la parcelle induit une consommation en eau en tête de réseau deux à trois fois supérieure aux besoins réels de la plante cultivée.

Les grands aménagements (GA) en zone SAED comme la majorité des PIV réalisés sur financement publics sont caractérisés par un réseau d'amenée d'eau en terre à ciel ouvert et non revêtu de la station de pompage aux parcelles. Dans le Gandiolais et autour du Lac de Guiers, l'utilisation de motopompes à gasoil à partir de chenaux ou de puits et l'irrigation à la raie sont systématiques. Dans ces aménagements sommaires sur des sols à texture sableuse, l'efficacité de l'irrigation est très faible. Ceci s'explique par : (i) l'augmentation des pertes par percolation et évaporation ; (ii) l'érosion des cavaliers qui conduit à une dégradation du profil en travers et la réduction du tirant d'eau ; (iii) l'invasion des plantes aquatiques.

La première option est de **revêtir de béton les principaux canaux primaires et secondaires** (cf. Figure 36). Ce revêtement est de plus en plus souhaité par les usagers qui y voient non seulement une réduction des pertes par infiltration mais aussi une meilleure stabilisation des abords des canaux. La mise en œuvre de cette option d'adaptation nécessiterait (en particulier pour les aménagements réalisés sur financements publics-prêts) de définir les portions du réseau à traiter prioritairement (par exemple : tête morte, zone particulièrement sableuse). Dans le cadre du projet AIDEP (SAED, financement AFD), certains usagers de PIV ont en effet demandé à ce que soient construits des canaux

¹⁶³ Building Resilience and Adaptation to Climate Extremes and Disasters (Sénégal, Mali, Mauritanie, Niger, Burkina), Acting For Life, Nordic Consulting Group, 2016 : https://www.inter-reseaux.org/wp-content/uploads/afl_atelier_assurance_betail_dakar.pdf

tête morte en maçonnerie à la place des canaux en terre prévus entre certaines stations de pompages et le réseau de distribution.

Figure 36. Exécution de travaux de revêtement en béton par tronçons.



Si le revêtement des canaux devait devenir la norme, cela s'accompagnerait de plus grandes exigences dans l'exécution (par exemple pour la réalisation des joints bitumineux et le respect des pentes) et d'un accroissement des coûts/ha car le revêtement en béton dosé à 300 kg (y inclus fers, joints, etc.) sur une épaisseur de 0,10 m coûte de l'ordre de 23 000 FCFA/m².

Une seconde option est de **promouvoir l'irrigation basse pression** à travers le système d'irrigation dit « californien » avec irrigation à la raie (cf. Figure 37). Ce système déjà employé dans la VFS permet de transporter l'eau dans des gaines souples jusqu'aux parcelles. En plus d'améliorer nettement l'efficacité du réseau de transport (valeur moyenne de 65%), cette option repose sur un matériel facilement mobile qui le rend adaptable aux besoins des cultures selon les rotations.

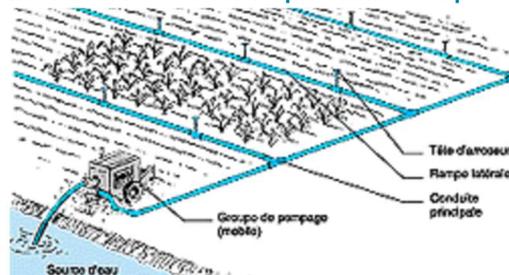
Figure 37. Illustration du système californien d'irrigation à la raie par gaines souples.



Source : Société du Canal de Provence.

Une troisième option technique consiste à **maintenir le réseau en basse pression jusqu'à la plante** (abandon de l'irrigation à la raie) par un réseau de gaines souples munies de goutteurs ou d'asperseurs (Figures 38 et 39). L'efficacité obtenue dans ce système d'irrigation est d'environ 85%. Un autre avantage de cette option est que le réseau ne nécessite pas une pression très élevée en tête (puissance et donc consommation de la pompe). A noter que les options 2 et 3 peuvent être combinées sur des parties différentes d'une même parcelle.

Figure 38. Illustration d'un réseau basse pression de la pompe à la plante.



Source : FAO

Figure 39. Installation d'un réseau basse pression dans une parcelle de manioc.



Les fournisseurs de matériel d'irrigation sont aujourd'hui nombreux dans la VFS. Près d'une dizaine de sociétés spécialisées dans la fourniture et/ou le conseil technique existent à Saint-Louis. Cette offre ainsi que les expériences observables sur le terrain (p.ex. pilote SAED à Ngnith) permettent de soutenir la diffusion du système d'irrigation basse pression. A noter cependant que la diffusion de ces techniques d'irrigation risque d'être ralentie dans deux cas de figure plus complexes qui constituent des fronts d'expérimentation pour les prochaines années : (i) le système rizicole dont le mode de conduite n'y est pas encore adapté (y compris le SRI) ; (ii) le modèle d'exploitation collectif au sein d'AHA composés de petites exploitations familiales pour lesquelles l'adoption de telles innovations techniques peut être délicate (gestion collective de l'entretien et du renouvellement, complexité du fonctionnement, etc.). Les systèmes horticoles semblent être les plus adaptés à une première vague de diffusion de ces techniques. L'adoption en modèle collectif devra être soutenue par un dispositif alliant sites pilotes et mesures d'accompagnement/encadrement.

Figure 40. Irrigation localisée et gestion de la salinité des sols.

La salinité des sols agricoles est une problématique récurrente dans le Gandiolais, le Delta (trois marigots, zone du 3PRD) et les rives du Lac de Guiers. Les options techniques telles que le drainage profond (pratiqué par la CASL) sont difficilement applicables par les exploitations familiales. Pour ces dernières, la maîtrise de la lame d'eau en riziculture semble être la meilleure option afin d'augmenter le lessivage et de limiter les remontées de nappes salées. La question est plus délicate pour le maraîchage car l'absence de lame d'eau induit des remontées salines rapides¹⁶⁴. La transition vers des systèmes d'irrigation localisée qui permettent une meilleure maîtrise des apports d'eau pourrait dans le même temps augmenter le phénomène de salinisation des sols, toxique pour les cultures. Des dispositifs de suivi de ces impacts seront essentiels. Les programmes de recherche sur l'impact de la lame d'eau ou du phosphogypse sur la salinité des sols pourraient être étendus à l'analyse des innovations observées telles que le drainage profond. L'enjeu est de préciser, en sciences du sol, quel est l'effet sur la conductivité du sol et, en sciences sociales, l'acceptabilité et la faisabilité de telles techniques.

Les systèmes d'irrigation nécessitant des **pressions plus importantes (de l'ordre de 2 à 4 bars)** peuvent également être envisagés avec des rampes rigides et asperseurs (Figure 41). Mais ce système d'irrigation est plus coûteux (investissement et exploitation) et plus contraignant à l'usage. Il devra être réservé à des entrepreneurs ou agro-investisseurs.

Figure 41. Système d'aspersion (détail).



¹⁶⁴ Boivin, P., Favre, F., Maeght, J-L. (1998). Les sols de la moyenne vallée du fleuve Sénégal : caractéristiques et évolution sous irrigation. Etude et gestion des sols (5), 4 : 235-246

L'irrigation par aspersion pourrait également être incompatible avec la volonté des acteurs rencontrés lors des FG d'une transition progressive des systèmes motopompes et stations de pompage à gasoil à celles utilisant les énergies renouvelables. En effet, le recours aux panneaux photovoltaïques nécessite un investissement de départ d'autant plus important que la pression de sortie requise est élevée. Ainsi, pour un périmètre de 20 ha de cultures horticoles, la couverture de 40% des besoins énergétiques nécessiterait un champ solaire d'environ 124 m² pour l'irrigation par aspersion contre seulement 80 m² pour un mode d'irrigation gravitaire. Cet exemple, issu de la formulation en cours du programme DELTA, illustre l'importance d'une réflexion coûts-bénéfices pour déterminer le juste équilibre entre l'amélioration de la performance de l'irrigation et la transition énergétique.

En conclusion, l'amélioration de l'efficacité des systèmes irrigués dans la VFS passe par 3 types d'actions :

- des **changements techniques** avec (i) le revêtement systématique en béton de tout ou partie des canaux de transport pour les AHA à réhabiliter ; (ii) l'équipement des grands aménagements et PIV réalisés sur financement publics en équipement d'irrigation basse pression ; (iii) l'appui-conseil aux promoteurs privés réalisant des AHA pour leur propre compte. La SAED devra être la garante de ce changement de paradigme technique et de l'application progressive des nouveaux standards techniques d'irrigation dans la vallée
- un accompagnement des changements par un **programme d'ingénierie sociale** comprenant (i) la formation des bénéficiaires sur les techniques d'irrigation recommandées et les équipements (gestion, maintenance, renouvellement) ; (ii) la mise en œuvre d'un programme de vulgarisation¹⁶⁵ pour éviter la distribution sans accompagnement ni formation ; (iii) l'appui à la formation, la création et le suivi des prestataires de services spécialisés (formation à la production de matériels de maintenance et des pièces de remplacement courantes).
- des besoins d'**approfondissement des connaissances et de suivi des innovations** concernant (i) le suivi-évaluation de l'impact du revêtement des canaux et du passage à l'irrigation basse pression sur la gestion de la salinité des sols cultivés ; (ii) l'analyse des conditions nécessaires (facteurs d'opportunité et de blocage) à l'adoption de l'irrigation basse pression dans les AHA à gestion collective transférée aux associations d'irrigants.

5.3.2 Aménagements et points d'eau pour l'agriculture, l'élevage et la pisciculture

Les zones les plus éloignées des ressources en eau pérennes (i.e. le fleuve Sénégal et ses défluent) sont les plus vulnérables au CC car le risque de manque d'eau lié aux variations interannuelles des pluviométries y est déjà prégnant. Les impacts sur les activités de production agricole (agriculture, élevage) risquent de s'accroître ; dans un premier temps par des variations plus importantes de productivité, dans un second temps par des transformations subies des systèmes de production.

Pour réduire ces risques, des **aménagements structurants facilitant l'accès à l'eau** devront être réalisés dans les zones du *diéri* et du pré-Ferlo. Cette adaptation s'inscrit tout à fait dans les stratégies

¹⁶⁵ Selon le schéma de base suivant : (i) définition des normes techniques spécifiques à la VFS basée sur les résultats de la recherche et les retours d'expériences, (ii) lancement de programmes de démonstration, (iii) formation et mise à niveau des conseillers agricoles sur les nouveaux équipements et pratiques plus économes en eau ; (iv) évaluation participative et recherche constante d'amélioration par un processus de capitalisation.

nationales visant un rééquilibrage territorial entre les zones inondées et les zones sèches.¹⁶⁶ Elle est également soutenue par des projets qui prévoient l'aménagement d'unités pastorales et de nouveaux AHA dans le *diéri*.¹⁶⁷

L'un des principaux enjeux pour l'élevage dans la VFS sera la sécurisation de l'accès aux eaux de surface (fleuve, mares). Il s'agira d'une priorité dans le *diéri* proche, le *dande mayo* et plus spécifiquement dans la Haute Vallée (Bakel). Il s'agira de **garantir l'accès aux ressources existantes** (actualisation/application des POAS et respect des couloirs de passage, élaboration/application de conventions d'usages, etc.) et de créer de nouveaux points d'eau. La réalisation de points d'eau à partir de forages pourra profiter des nombreuses expériences déjà réalisées (projets AIDEP, ASSTEL ou REUSSIR/GIZ). Le modèle le plus adapté est celui d'unités pastorales développées autour d'un point d'eau permettant à la fois l'abreuvement et l'irrigation. Ainsi il est possible de répondre aux besoins de l'élevage mobile (droit d'abreuvement négocié, aire de repos sur les axes de transhumance), tout en relevant le défi du développement des cultures fourragères pour accompagner la transition aujourd'hui nécessaire des systèmes d'élevage vers la production de leur propre alimentation, la stabulation du cheptel clé et une meilleure valorisation de la viande et du lait.

Dans les zones agricoles les plus vulnérables, la priorité sera d'intensifier les efforts d'**aménagement de nouveaux AHA dans le *diéri***, soutenus par le prochain programme DELTA, pour permettre aux communautés rurales de soustraire en partie leurs cultures aux aléas pluviométriques. Cette transition vers l'irrigation devra s'appuyer sur un programme d'accompagnement des communautés dont certaines pratiquent exclusivement la culture d'hivernage. Elle pourrait nécessiter une approche par pilotes puis mise à l'échelle ou la combinaison de différents modèles (AHA, micro-maraîchage, etc.). Un dispositif de suivi pérenne des impacts environnementaux de ces nouveaux AHA est également souhaitable. En dehors de la zone SAED, dans le Gandiolais, l'action principale visera à favoriser le rechargement de la nappe. Les populations de ces zones investissent sans appui pour passer de l'irrigation manuelle à partir de puisards aux mini-forages mais la disponibilité de l'eau reste un facteur limitant qui s'accroît avec le CC et la brèche. Il s'agira d'aménager des chenaux qui facilitent la recharge de la nappe et améliorent les conditions de production dans cette zone horticole.

Figure 42. Le cas des aménagements sommaires autour du lac de Guiers.

Le développement d'aménagements sommaires est observé dans l'ensemble de la vallée, mais plus particulièrement dans la Basse Vallée et dans le *diéri* autour du Lac de Guiers. Ils sont initiés et financés par un ou plusieurs exploitants souhaitant apporter l'eau en réalisant un chenal creusé dans la berge faisant office de tête morte (plus de 200 chenaux auraient ainsi été creusés). L'eau est ensuite pompée puis transportée gravitairement jusqu'aux parcelles. Ces aménagements sommaires présentent des configurations techniques aléatoires souvent hors des normes de la SAED. Ceci a des incidences sur le calage des chenaux ou leur profil en travers, et les rend particulièrement sensibles à un abaissement du plan d'eau. La réduction de ce risque nécessiterait :

1. La réhabilitation des aménagements sommaires dans le cadre de la stratégie de développement de la nouvelle délégation du Lac de la SAED ; un programme de réhabilitation qui passerait par une phase préalable d'inventaire et de diagnostic pour établir les points de vulnérabilité techniques de l'existant.
2. L'aménagement de nouveaux AHA dans le *diéri* répondant aux normes techniques et s'inscrivant dans les schémas directeurs en vigueur (à noter que ces nouveaux AHA permettraient également de toucher les catégories les plus vulnérables : femmes et jeunes, alors que les aménagements sommaires sont portés par des catégories disposant de plus de capital financier).

¹⁶⁶ La priorité à l'aménagement du *diéri* dans la nouvelle lettre de mission de la SAED, jusqu'à présent centrée sur l'agriculture irriguée dans le *walo*, en est un révélateur.

¹⁶⁷ Par exemple le financement de projets d'unités pastorales autour de forages dans le cadre du Fond d'Appui Intercommunautaire de 2^{ème} génération d'AIDEP, l'aménagement d'AHA horticole et fourragers dans le *diéri* par le programme DELTA, etc.

L'importance des aménagements pour la pisciculture a été soulignée à de multiples reprises pendant les FG. Il s'agit d'apporter une réponse à la réduction des prises par les pêcheurs dans le fleuve et les lacs du fait de l'abaissement des plans d'eau, de la régulation des flux par les barrages, de la plus forte turbidité de l'eau et des difficultés d'accès suite à la prolifération des macrophytes tel le typha. Le **développement de la pisciculture dans des mares aménagées** a déjà été initié dans le département de Podor. Les retours d'expériences permettent d'améliorer le concept sur le plan technique (choix des dépressions naturelles, profondeur de curage, etc.) comme social (gestion des mares réservée aux pêcheurs parmi les habitants des villages alentours). L'idée avancée lors des FG de **transformer les zones d'emprunt des casiers rizicoles en étangs piscicoles** peut être retenue si les conditions d'adaptation à la pisciculture sont réunies (validation de la durée de rétention de l'eau et de la profondeur, réalisation de pentes douces pour l'accès, définition d'un cahier des charges).

De manière plus transversale, deux axes pourraient permettre de maximiser la portée de ces adaptations :

- Premièrement, il est important que le développement de ces nouveaux aménagements et points d'eau pour l'agriculture, l'élevage et la pisciculture s'inscrive dans une réflexion plus large à l'échelle des territoires. Pour cela, il convient que **les choix des sites fassent l'objet d'une meilleure intégration dans les POAS** qui constituent des outils supports à la planification du développement. Cela passe par (i) l'actualisation de l'ensemble des POAS en associant à la concertation d'éventuels nouveaux acteurs, parmi les plus vulnérables au CC ; (ii) la création de ponts entre les POAS et les autres documents de développement de l'agriculture, de l'élevage et de la pêche (des Plans de Développement Communaux – PDC, aux programmes nationaux) afin de veiller à ce que les nouveaux aménagements et points d'eau envisagés s'inscrivent bien dans un maillage territorial adapté à l'amélioration durable de la résilience collective des groupes vulnérables.
- Deuxièmement, l'ambition d'améliorer l'accès à l'eau pour les agriculteurs, éleveurs et pêcheurs pourrait être structurée autour de **nouveaux aménagements des cuvettes de décrue ou de mares** dont l'importance a été soulignée lors des ateliers dans la Haute Vallée. Les études récentes montrent qu'une durée de submersion de 45 jours permet la recharge des sols pour boucler le cycle des cultures de décrue (Poussin et al., 2020), d'apporter un appoint aux troupeaux et de réunir les conditions de reproduction des poissons du fleuve. L'aménagement des cuvettes de décrue nécessite toutefois des investissements conséquents sur les chenaux d'entrée (arasement de seuils pour faciliter l'inondation, réalisation d'infrastructures de régulation afin de mieux maîtriser le retour de l'eau au fleuve). Les retours d'expériences de projets récents (plaine de Matam de 6 000 ha et cuvette de Nabadji de 900 ha au sein de l'unité hydraulique du Djamel) rappellent l'intérêt mais aussi la complexité à la fois technique et sociale de ces aménagements (Hydroconseil-Agriate, 2019)¹⁶⁸.

5.3.3 Gestion de l'eau et maintenance des périmètres irrigués

Les points de vulnérabilité des AHA au CC concernent en premier lieu l'état des infrastructures d'irrigation. Pour rappel, le CC pourrait se traduire au niveau des AHA par :

- des vents de sable plus forts (dépôts sur les parcelles cultivées et dans les canaux) ;

¹⁶⁸ Hydroconseil-Agriate (2019). Evaluation rétrospective des interventions de l'Agence Française de Développement dans le secteur de l'irrigation. Etude de cas pays – Sénégal, 40p.

- un développement accéléré des plantes envahissantes macrophytes telles que le typha ;
- un accroissement des besoins en eau des cultures pour compenser l'augmentation de l'évapotranspiration.

La principale mesure d'adaptation concerne l'**entretien des infrastructures d'irrigation** afin de maintenir la capacité de transport initiale des canaux (i.e. éviter la dégradation du profil en travers des canaux par les phénomènes de sédimentation ou d'envahissement). La lutte contre la prolifération du typha est devenue un enjeu majeur pour les gestionnaires des périmètres irrigués dans la VFS depuis la construction du barrage de Diama qui a permis de limiter la remontée d'eau salée et ainsi de lever un facteur limitant de sa prolifération. Le CC pourrait favoriser le développement du typha par la diminution du niveau des eaux dans les émissaires et canaux d'irrigation qui se retrouveraient ainsi dans la zone de marnage optimale pour la croissance du typha, soit entre 0,5 et 1,5 m (Niang, 2011)¹⁶⁹. Les méthodes de contrôle mécanique par faucardage pourraient ne plus suffire et le développement du typha nécessiterait des plans de gestion plus globaux, dépassant l'échelle des périmètres irrigués. Les méthodes envisageables sont connues : recalibrage des canaux, assecs, etc. (GRET, 2019)¹⁷⁰. Reste l'enjeu du dialogue multi-niveau entre les associations d'irrigants responsables de la gestion des périmètres, la SAED, la SOGED et l'OMVS pour que les plans d'actions soient mieux compris et partagés.

La seconde mesure d'adaptation concerne l'**amélioration des pratiques de gestion de l'eau par les associations d'irrigants**. En effet, la gestion des aménagements est confiée aux bénéficiaires, regroupés en GIE hydrauliques et Unions, auxquels sont confiées les missions d'exploitation et maintenance en transfert de gestion par la SAED. La plupart de ces associations d'irrigants dispose déjà d'une solide expérience (renforcée par des actions du partenariat SAED/3 SAR depuis 2015). Le défi à relever est celui de la mise à niveau de l'ensemble des associations d'irrigants, en particulier celles qui seront constituées autour des nouveaux aménagements particulièrement vulnérables au CC (*diéri*, Lac de Guiers). Il faut également noter que les canaux d'irrigation sont souvent enherbés et mal entretenus. En outre, les riziculteurs ont tendance à gaspiller l'eau lors des irrigations. Trois axes seront à privilégier :

- Le renforcement de la structuration et l'accompagnement vers la professionnalisation ;
- La vulgarisation et mise à l'échelle de la pratique de la gestion participative de l'irrigation ;
- La formation technique sur la conduite de l'irrigation à travers des pratiques et des équipements plus efficaces ;
- L'application des outils et mécanismes liés à l'entretien des périmètres.¹⁷¹

Un point crucial sera également l'**amélioration du suivi par les associations d'irrigants des consommations en eau réelles**. Sur de nombreux périmètres transférés aux associations, le suivi de fonctionnement des stations de pompage n'est pas réalisé, ce qui ne permet pas à la SAED de réaliser des bilans en eau. Ceci est un facteur limitant pour évaluer les économies d'eau réalisées grâce à la rénovation des équipements ou pour suivre l'évolution de la part des prélèvements de l'eau du fleuve Sénégal pour l'agriculture irriguée.

¹⁶⁹ Niang A. (2011). Aménagement du lac de Guiers de 1824 à l'avènement des grands barrages du fleuve Sénégal : Prospective géographique ; Climat et Développement, 12 : 27-38.

¹⁷⁰ GRET (2019). Etude pour l'évaluation des besoins pour le contrôle du Typha dans le delta du fleuve au Sénégal et en Mauritanie. Rapport d'état des lieux et bilan des méthodes de lutte contre le typha. OMVS : 114p.

¹⁷¹ Cahier des charges pour la mise en valeur et l'entretien des périmètres, signature de la Charte du domaine irrigué, formation à l'entretien courant des canaux et des installations de pompage, financement de l'entretien courant et rôle du dépôt à terme pour le remplacement des systèmes de pompage.

Face à l'incapacité de certains GIE à prendre en charge l'exploitation-maintenance des périmètres, la SAED a encouragé dans le cadre du 3PRD des modes de gestion plus individualisés de l'eau d'irrigation en permettant à chaque contribuable de gérer son propre équipement de pompage. **L'individualisation de la gestion de l'eau** pourrait être une option d'adaptation pertinente car elle offre davantage de flexibilité tout en réduisant les divergences d'intérêt qui peuvent freiner certains collectifs. Ceci étant, elle est réservée à un modèle agricole spécifique (privés dans le cadre du partenariat public-privé du 3PRD) et n'est pas facilement répliquable dans les AHA collectifs. De plus, il conviendra de s'assurer que les pratiques d'irrigation de chacun soient en adéquation avec la stratégie globale d'adaptation au CC.

Enfin, **certaines innovations mériteraient d'être diffusées**. Des études récentes menées dans le cadre du projet Wagrinnova (financement LeapAgri UE) ont démontré par exemple que certains couplages moteur/pompe réalisés par les usagers eux-mêmes (petit moteur 1 cylindre de marque chinoise couplé à une pompe issue d'un ancien GMP fourni par la SAED) permettraient de réduire considérablement la consommation de gasoil (moins de 50 000 FCFA/ha pour une campagne). Pour aller plus loin, les économies en énergie fossile et donc en trésorerie permettraient d'allouer davantage de ressources financières à l'entretien des infrastructures hydrauliques.

5.3.4 Gestion des barrages de Manantali et Diama

La gestion des barrages de Manantali et de Diama repose sur les résultats de longues études du régime hydrologique du fleuve et des objectifs assignés à ces ouvrages. Outre le fait qu'elles doivent garantir la sécurité des ouvrages, les consignes de gestion (lâcher d'un débit, soutien de crue, soutien de basses eaux, laminage) sont définies en fonction des objectifs assignés : la production hydroélectrique pour Manantali, l'action anti-sel et multi-usage (irrigation et alimentation en eau potable pour le Sénégal et la Mauritanie) pour Diama. C'est sur la base de ces consignes que l'OMVS réunit la Commission Permanente des Eaux (CPE) pour délibérer sur les recommandations à donner pour la gestion de Manantali et de Diama (OMVS, 2018). Un des enjeux de gestion est l'abaissement de la cote de Diama en saison des pluies en fonction de celle de Bakel. La propagation de la crue étant très rapide, cet abaissement doit se faire en moins de 8 jours. Elle est amorcée début juillet, et le rehaussement du niveau du plan d'eau à la mi-octobre. Ces consignes sont difficilement modifiables, notamment pour la gestion de Manantali et la production électrique, qui est son principal but.

Or les enjeux de gestion de crue et décrue touchent de plus en plus d'activités : la riziculture irriguée ainsi que l'horticulture et le maraichage, l'agriculture de décrue (mil, sorgho, maïs), qui est vitale pour l'alimentation des populations et des troupeaux en période de soudure, le pâturage et la pêche. Ces activités sont complémentaires et ne satisfont actuellement pas les besoins des populations. L'emblavement rizicole est encore très loin des objectifs initiaux : 110 000 ha équipés en 35 ans (dont 31 000 déjà salinisés), le plus souvent en simple culture alors qu'il était prévu une double culture.

Ces aménagements insuffisants sont couplés à une gestion des barrages ne prenant pas en compte tous les usages du fleuve. Par exemple, l'inondation de la vallée en 2020 par des lâchers massifs et brutaux de Manantali, décidés en moins de 15 jours par la CPE sans tenir compte des affluents non régulés, a provoqué un débordement du fleuve, des destructions de digues, diguettes, pistes, des submersions des périmètres et des quartiers des villes du *Dandé Mayo*. Ce type de lâchers compromet une gestion multi-usage équitable de la VFS et traduit un manque de coordination, de partage d'information et d'anticipation pour ajuster le barrage et gérer la crue. Ce défaut de gestion multi-usage a été illustré lors de la crise alimentaire dans le Nord du Sénégal de 2017-2018. La nécessité

d'une telle gestion multi-usage sera d'autant plus grande dans les années à venir en raison de la réduction des pâturages et des aires de culture pluviale, liée aux tendances pluviométriques interannuelles, et leurs corollaires : une concentration progressive des troupeaux à proximité des points d'eau du fleuve et des défluent, et une augmentation de la pression sur les surfaces de décrue.

L'objectif de la gestion de ces deux barrages devraient être de sortir du mono usage hydroélectrique de l'eau et de considérer l'apport de ces barrages à la réussite des activités économiques de l'ensemble des usagers du fleuve (agriculture, élevage, pêche) qui assurent la sécurité alimentaire et les revenus monétaires des populations. Il semble donc important d'améliorer la gestion multi-usage en élaborant un cadre de communication de la CPE en matière (i) d'information (bulletin hydrologique en ligne) pour répondre à la demande des producteurs et usagers du fleuve, et (ii) de concertation entre l'OMVS, la SAED, la recherche scientifique, les collectivités locales et les représentants des populations au travers de réunions plus fréquentes (tous les mois voir toutes les semaines pendant l'hivernage pour éviter les dégradations dans la vallée, qui affectent tant la population que les aménagements).

D'un point de vue technique, les actions prioritaires à entreprendre sont : (i) évaluer et maîtriser les apports des affluents de rive gauche entre Bakel et Podor et sur la Falémé ; (ii) améliorer la gestion des infrastructures de régulation au niveau du fleuve ; (iii) veiller à une installation correcte des prises d'eau dans le fleuve et les défluent ; (iv) assurer un meilleur contrôle et gestion de l'eau dans les axes hydrauliques et les périmètres irrigués ; (v) actualiser les consignes de gestion de Manantali intégrant les apports des affluents non encore contrôlés pour mieux lutter contre les inondations ; (vi) réhabiliter et renforcer les équipements de la DGPRE (stations hydrométriques, matériels de jaugeage, de topographie), et accroître ses ressources humaines, notamment par la création d'une sous-brigade à Bakel pour le suivi des sous-bassins de la rive gauche en saison des pluies.

5.3.5 Infrastructures de transport, de stockage et de transformation

Les filières horticoles constituent des axes de développement majeurs de l'agriculture dans la VFS pour les prochaines années. Jusqu'à récemment cantonnées à des parcelles cultivées en contre-saison dans les casiers rizicoles, les cultures horticoles bénéficient aujourd'hui d'aménagements hydroagricoles spécifiques et d'une attention croissante de la part de la SAED, des structures d'appui et des acteurs économiques de la VFS. Ceci s'explique par plusieurs facteurs : (i) la forte valeur ajoutée des spéculations ; (ii) la structuration des filières horticoles dans la vallée ; (iii) l'existence de dynamiques spontanées à encourager (extension de la culture de patate douce par exemple) ; (iv) la volonté de l'Etat de procéder à un rééquilibrage territorial par le développement de l'agriculture dans le *diéri* plus propice au maraîchage.

Il faut donc s'attendre, à la suite de projets structurants comme le PDMAS et bientôt DELTA, à une augmentation des productions horticoles portée par les filières tomate, oignon ou patate douce, très fortement représentées dans la Moyenne Vallée (oignon, tomate) et le Delta (patate douce autour du Lac de Guiers et oignon dans le Gandiolais). Cette augmentation ne pourra se faire qu'en associant les actions d'adaptations des pratiques culturales au CC avec le développement d'infrastructures permettant de limiter les pertes post-récolte qui risquent de s'accroître. Deux questions se posent : comment améliorer les conditions de transport et de stockage entre la récolte et la vente de la production ? Comment favoriser la transformation locale des productions afin de réduire les pertes et le coût carbone liés au transport ?

Améliorer les conditions de transport. La principale infrastructure de transport dans la VFS est la route nationale bitumée RN2. La zone du Gandiolais bénéficie également de la route côtière Dakar Saint-Louis achevée en 2019. Ces deux axes facilitent l'écoulement des productions. En dehors de ces axes, les infrastructures sont insuffisantes ou en mauvais état.¹⁷² L'amélioration des conditions de transport passera par un meilleur maillage grâce à la réhabilitation d'axes structurants permettant de relier des bassins des productions à la RN2 ou à l'autoroute côtière. La réalisation de ces infrastructures devra s'appuyer sur une réflexion prospective à l'échelle des régions de Saint-Louis, Matam et Louga afin d'identifier les bassins de production constituant une masse critique pour justifier le développement de nouvelles infrastructures. L'expérience du projet AIDEP pourrait servir d'exemple car il a montré la possibilité d'associer un projet d'infrastructure routière avec un projet de développement de la production agricole. En effet, le financement de nouveaux PIV et de réhabilitations sur l'île à Morphil par l'AFD a été adossé à un engagement de l'Etat du Sénégal de rechercher les financements pour réaliser un pont et une route afin d'en assurer le désenclavement (financement BAD approuvé en décembre 2015). Une telle stratégie pourrait faire sens pour l'écoulement des productions agricoles du Lac de Guiers qui connaît un nombre croissant de projets de développement de nouvelles superficies irriguées (PDIDAS, PROCASEF, DELTA, etc.) tout en restant contraint à la production des denrées les moins périssables (oignons, patate douce, manioc).

Développer la capacité de stockage. Les infrastructures de stockage existantes dans la VFS sont majoritairement des magasins de stockage en sec avec ventilation naturelle. Le stockage concerne majoritairement les tubercules (oignon, pomme de terre) dont la durée de dormance permet une conservation pendant quelques mois avec des moyens limités. Dans ce cas l'action prioritaire est la réalisation de magasins en durs de 10m x 10m (capacité de stockage d'environ 40T) dotés d'équipements de types palettes, clayettes et caissettes afin d'optimiser l'espace et de maximiser la ventilation. Les points de vigilance sont (i) l'intégration de la fourniture des équipements susmentionnés dans le contrat de l'entrepreneur chargé de la réalisation du magasin ; (ii) l'analyse financière afin de doter le comité de gestion de toutes les clés pour fixer les prix de stockage.

Un stockage des tubercules sur une plus longue durée ou de productions plus sensibles à la chaleur (tomate par exemple) nécessite des chambres froides. Cependant, le coût d'exploitation, en particulier à cause de l'électricité pour le contrôle de la température, constitue un inconvénient dans le cadre d'une stratégie d'adaptation au CC et un risque que le consommateur ne puisse supporter le surcoût. Concernant la pomme de terre par exemple, il faudrait s'assurer que ce surcoût ne dépasse pas la différence de prix entre la pomme de terre locale et la pomme de terre importée (530 FCFA/kg en décembre 2020 pour la pomme de terre importée contre 350 FCFA/kg pour la pomme de terre locale¹⁷³). Par ailleurs, aucune étude n'est disponible à ce jour sur les conditions d'alimentation d'une chambre froide à partir de panneaux solaires. Un pilote pourrait être initié pour suivre la faisabilité technique de cette option et ses répercussions économiques pour les consommateurs.

Enfin, il est important que la réalisation d'infrastructures de stockage tienne compte des études filières disponibles et soit concertée avec l'interprofession concernée. Il s'agira en particulier de s'assurer que

¹⁷² Les responsables de la SOCAS reconnaissent par exemple ne pas vouloir prendre en charge le transport de la tomate depuis les zones de production trop éloignées de la RN (p.ex. les communes du Lac de Guiers) à cause du risque d'enlèvement des camions et de retard dans l'acheminement à l'usine.

¹⁷³ Commissariat à la Sécurité Alimentaire, Système d'information sur les marchés agropastoraux (SIM). Bulletin mensuel des marchés n°393, décembre 2020.

l'infrastructure s'inscrit bien dans un territoire vulnérable aux pertes par pourrissement malgré la présence d'acheteurs et que la localisation envisagée permet de la positionner comme relais logistique dans le maillage routier.

Développer la transformation locale. Les principales entités de transformation dans la vallée sont la SOCAS spécialisée dans la transformation de la tomate et les rizeries (la vallée en compte 61, dont seulement 2 avec une capacité de traitement supérieure à 5T/h). L'enjeu est le développement de petites unités de transformation de productions horticoles au plus près des zones de production pour accroître la valeur ajoutée localement et structurer les filières émergentes. Des initiatives pilotes sont en développement, par exemple dans la zone du Lac de Guiers pour la transformation de la patate douce (projet mis en œuvre par la SAED sur financement GIZ). Un retour d'expérience permettra de valider l'opportunité, ou non, de diffuser ce type d'infrastructures. Des unités de séchage de l'oignon existent au Sénégal et pourraient être développées dans la VFS. Des pilotes pourraient être initiés, par exemple pour la valorisation de la pastèque dont la période de surproduction pourrait induire des pertes importantes dans le contexte de CC. Concernant les mini-rizeries, un projet d'unité alimentée par l'énergie solaire est actuellement en cours de réalisation dans la localité de Colonat (convention SAED-GIZ / programme Réussir au Sénégal). Cette infrastructure de taille modeste pourrait être facilement répliquée : bâtiment de 50m² avec une capacité de traitement de 1,5 T/h ; stockage tampon de 200 kg, taux d'extraction de 65% avec collecteur de son ; alimentation électrique par un champ solaire produisant 25 kVA avec régulateur MPPT.

En conclusion, l'amélioration des infrastructures de transport, de stockage et de transformation s'articule autour de 3 actions clés :

- Favoriser les concertations entre acteurs des filières et de l'aménagement du territoire afin de cibler les zones d'action prioritaires (i.e. les zones particulièrement vulnérables au CC du fait de leur enclavement et des difficultés à écouler leurs productions) ;
- Multiplier et suivre les initiatives pilotes pour l'amélioration des infrastructures (taille, nature des équipements utilisés, infrastructures alimentées par l'énergie solaire, etc.) dans le but de définir des standards et de les diffuser à travers les projets et les initiatives privées à l'échelle de la VFS ;
- Soutenir les prestataires de service privés (en particulier les femmes et les jeunes) par (i) l'amélioration de la qualité de service (formation et recyclage) ; (ii) la mise en réseau (producteurs/prestataires ou entre prestataires) ; (iii) l'incitation à l'installation dans les zones les plus vulnérables et en particulier dans la nouvelle zone d'intervention de la SAED: la délégation du Lac de Guiers (accès au crédit, facilité d'accès au foncier, etc.).

5.4 Autres options d'adaptation envisageables

5.4.1 Diversification des moyens d'existence

Face aux effets du CC et aux contraintes non climatiques qui tendent à les accentuer, les populations de la VFS ont développé une gamme assez large d'alternatives économiques aux activités de production agricole, notamment dans la transformation des produits et le petit commerce. Ainsi, avec l'érosion côtière et la salinisation des sols et des eaux dans le Gandiolais, certaines activités agricoles traditionnelles sont compromises et les populations se voient obligées de se reconvertir dans d'autres

métiers. Face à la dégradation des terres arables pour le maraîchage, les femmes se sont par exemple mises à la production de sel et à la transformation de produits halieutiques.

Dans le secteur de l'élevage, des enquêtés (hommes et femmes) nous ont révélé avoir adopté les cultures fourragères pour avoir à disposition toute l'année du fourrage mais également pour sa commercialisation, qui leur permet de détenir des liquidités pour satisfaire les besoins du ménage. L'association Dental Bamtaaré Toro a même mis en place un système de collecte de lait frais (matière première pour la transformation) grâce à un système d'échange contre du fourrage. D'autres commercialisent les boutures de *marafalfa*¹⁷⁴, une culture fourragère à laquelle les éleveurs s'intéressent de plus en plus. Dans la Moyenne et la Haute Vallée, il y a également un fort dynamisme autour de la transformation de produits laitiers. Auparavant, seules les femmes s'intéressaient à cette activité. Elles la pratiquaient de façon artisanale et commercialisaient le lait transformé en yaourt dans des villages environnants soit à pied soit à dos d'âne. Aujourd'hui, les hommes intègrent des groupements de transformateurs de lait et bénéficient de formations pour la transformation du lait en yaourt, fromage, beurre, etc. Certains groupements rencontrés dans le cadre de cette étude ont pu moderniser leurs activités de transformation grâce aux appuis de partenaires et obtiennent des produits dérivés du lait de qualité.

Le petit commerce est devenu une activité certes secondaire mais incontournable dans les zones les plus vulnérables aux effets des CC. Il s'agit surtout d'activités de collecte de produits agricoles auprès des producteurs et de vente sur les marchés locaux voire jusqu'à Dakar pour les spéculations comme la pastèque. Le commerce de petits ruminants d'embouche (à travers « l'opération Tabaski ») s'est également fortement développé au cours des dernières années. Ces métiers, autrefois réservés aux hommes, sont d'ailleurs investis par les femmes. Outre la diversification des revenus des ménages et leur stabilisation face aux aléas climatiques, ces activités assurent une meilleure autonomie financière aux femmes.

De ces différents constats découlent les propositions suivantes en termes d'options d'adaptation, avec un accent spécifique sur celles qui sont les plus pertinentes pour les femmes, les jeunes et les autres catégories sociales défavorisées :

- Appuyer la mise en place d'unités de transformation laitière modernisées, ainsi que d'une plateforme regroupant tous les acteurs de la filière laitière de la VFS ;
- Appuyer les femmes formatrices de produits halieutiques, notamment en matériels de séchage ;
- Soutenir le développement du petit commerce à travers le développement de systèmes d'épargne et de crédit villageois de type AVEC (associations villageoises d'épargne et de crédit).

La VFS est une zone historique d'émigration. La migration est vue comme une stratégie d'adaptation à la précarisation des conditions de vie en milieu rural, en lien avec les effets du CC, en particulier dans les zones de Bakel et Matam. Les émigrés, qui partent pour la plupart vers l'Europe ou l'Afrique centrale, participent activement à la gestion financière de leurs communautés par le transfert de fonds. Une des questions essentielles de l'usage des ressources de la migration est sa réorientation vers l'investissement dans les services sociaux et dans une gestion agro-forestière d'appui à la résilience des systèmes agricoles pastoraux de la vallée. Cette réorientation ne pourra se concrétiser

¹⁷⁴ Fourrage actuellement vulgarisé dans la VFS par plusieurs projets et ONG.

que si les associations de migrants prennent part effectivement dans les décisions relatives à l'aménagement de leurs territoires locaux d'origine en articulation avec les politiques de décentralisation. Les migrants doivent être reconnus comme acteurs clés du développement de leur pays d'origine. La migration est sans doute l'un des outils les plus efficaces pour mettre en œuvre localement des stratégies d'adaptation au CC. En effet, les ressources des migrants vont d'abord à leurs familles et au financement des activités/services de leurs localités d'origine.

5.4.2 Restauration écologique des milieux naturels

La modification hydrologique induite par le barrage de Diama avait transformé en quelques années le bas delta mauritanien en désert (1987-1990). Un aménagement hydraulique adapté a restauré intégralement l'écosystème et l'ensemble des activités agricoles, pastorales, halieutiques et artisanales en 15 ans. Cet espace, qui est devenu le Parc National du Diawling, est aussi devenu un bassin d'emploi. C'est un modèle expérimental de restauration écologique à retombées économiques qui a réussi.

Le fleuve Sénégal a été aménagé pour lutter contre la sécheresse des années 1970, pour sécuriser l'agriculture et produire de l'électricité. Mais cette transformation de l'hydro-système combiné à des pratiques d'exploitation dégradantes pour l'écosystème a réduit progressivement son potentiel de fertilité et nombre de ressources naturelles associées. Les ressources ligneuses ont presque disparu entraînant la réduction des surfaces pastorales et cultivables. La déforestation combinée à l'élévation progressive des températures a provoqué la contraction spatiale des habitats de l'avifaune (granivores) et de la faune terrestre (insectes et rongeurs) autour du fleuve et des périmètres agricoles de la vallée. Les surfaces de cultures irriguées sont loin d'avoir atteint leurs objectifs initiaux. L'augmentation des rendements du riz et le développement des cultures maraichères sont fortement conditionnés par l'utilisation croissante d'engrais de synthèse et de pesticides. Les stratégies des entreprises agro-industrielles ne semblent pas miser sur la durabilité des ressources en eau et en sol de l'écosystème.

Comme on l'a vu auparavant, la clé de la restauration ou de la régénération d'un écosystème fluvial est d'abord le régime de submersion. Nous proposons trois axes de restauration correspondant aux trois milieux de la vallée : le *walo*, le *diéri* et le Delta.

- Dans le *walo*, reconstituer un régime de submersion adapté à la demande des écosystèmes du fleuve et des mares, à la recharge des nappes alluviales et phréatiques, au limonage des sols, à la régénération de la forêt de gonakiers. Cela peut se faire par des aménagements de contrôle de la décrue afin d'optimiser l'usage de l'eau.
- Dans le *diéri*, reconstituer un capital forestier autour de la vallée afin d'augmenter l'ombre portée au sol (abri pour les troupeaux et agroforesterie), limiter l'assèchement du sol et fournir les matières organiques non minéralisées nécessaire à sa fertilisation. Cela peut se faire par des mises en défens, de la régénération naturelle assistée (RNA) et de la sylviculture d'arbres fertilitaires.
- Dans le Delta, reconquérir les sections mouillées et des volumes initiaux de stockage de l'eau du fleuve et du lac mais aussi des canaux enherbés et encombrés par un contrôle hydrologique du typha. Ce qui peut se faire par une vidange décennale de fin de saison sèche afin de provoquer un stress hydrique, traitement le plus efficace pour lutter contre les plantes aquatiques.

Mais la durabilité d'une telle restauration ne pourra être effective en matière de conservation de la fertilité du milieu que si ces aménagements hydrauliques et forestiers sont doublés d'une responsabilisation juridique des producteurs et usagers du milieu vis-à-vis de la conservation de la fertilité des sols, des eaux et des ressources ligneuses, et de pratiques agroécologiques adaptées, autant d'éléments qui devront intégrer les réglementations des nouveaux POAS.

5.4.3 Accès aux ressources et dispositifs de prévention des conflits

Le fleuve Sénégal est une ressource clé pour plusieurs systèmes de production et plusieurs autres usages. Cette diversité de convoitises nécessite de penser un accès sécurisé aux ressources pour tous les usagers. Lors des ateliers et des entretiens, la sécurisation de l'accès aux ressources, la réduction des tensions entre agriculteurs et éleveurs, l'avancée des terres octroyées aux agro-business ont parfois rendu difficile les échanges sur les effets des CC. En effet, cette concurrence sur l'eau et les terres aménagés sont des facteurs aggravant la vulnérabilité des exploitations familiales.

Il est ressorti dans tous les ateliers l'intérêt de mettre en place des arrangements organisationnels et des modalités de gouvernance permettant de sécuriser l'accès aux ressources pour tous les usagers de tous les systèmes de production (agriculture irriguée, de décrue, pluviale, élevage et pêche) et pour toutes les catégories sociales (y compris les femmes, les jeunes et les groupes défavorisés). Ces règles, une fois créées, doivent être institutionnalisées et surtout pouvoir être appliquées. Les dispositifs de prévention des conflits sont nécessaires à plusieurs échelles.

Sur toute la rive gauche de la VFS où les investissements publics sont très importants, une **charte du domaine irrigué** a été construite pour rationaliser la mise en valeur et démocratiser l'accès à la terre et à l'eau. Cette charte est le premier outil de prévention des conflits d'accès aux terres et aux aménagements. Conçue pour être un texte de référence, depuis son élaboration au début des années 2000 et sa validation par la SAED, les communes et les autorités administratives, puis son institutionnalisation en 2007, elle tarde à fonctionner faute d'appropriation par les communes et les autres acteurs. Or, elle pourrait garantir l'accès démocratisé au foncier à certaines catégories sociales et réguler les insertions territoriales d'agro-industries de manière à ce qu'elles soient acceptées par les communautés locales.

L'eau du fleuve polarise des espaces de plusieurs pays limitrophes. Ainsi la gestion des barrages constitue un autre niveau de **régulation de l'accès à la ressource**. L'OMVS, niveau stratégique et international de gestion de l'eau du fleuve, n'est pas accessible aux agro-éleveurs de villages de Bakel ou Matam, les zones les plus impactées par la gestion de Manantali. Les arbitrages entre la production d'énergie et l'irrigation sont évidemment à l'avantage du premier, en revanche, les acteurs institutionnels de la région comme la SAED, les collectivités territoriales, les gouverneurs devraient réfléchir à la manière de faire remonter les préoccupations des agriculteurs.

L'application des règles des POAS : les conflits d'usage des ressources sont récurrents, le mode de gestion communautaire basé sur l'aménagement des POAS avait convaincu l'ensemble des acteurs. La SAED et ses partenaires ont démultiplié ces POAS dans la presque totalité des communes de la VFS, cependant l'application des règles communautaires construites se heurte à des résistances du fait de la pression croissante sur ces ressources. Les agro-éleveurs ayant participé aux enquêtes et aux ateliers suggèrent que les collectivités locales redynamisent ces POAS et soient accompagnées pour leur mise en œuvre.

On constate ainsi que l'évolution des réglementations d'accès aux ressources en terre, sol et eau est aujourd'hui à l'arrêt. Le processus de réforme foncière bloquée depuis que la Commission Nationale de Réforme Foncière (CNRF) a été dissolue en mai 2017 témoigne de la complexité des arbitrages politiques nécessaires. Cet arrêt est significatif des différentiels d'information et d'objectif entre les différents niveaux d'acteurs suivants : décideurs et institutions publiques, grands investisseurs et négociants, élus des collectivités locales, représentants des organisations coutumières, petits producteurs/éleveurs, femmes et jeunes.

C'est sur la strate intermédiaire, les pouvoirs locaux, que repose de plus en plus la responsabilité des arbitrages du fait de la décentralisation, mais sans disposer des compétences et des moyens requis pour l'assurer. C'est pour eux qu'ont été conçus et expérimentés les cadres de concertation que sont les conventions locales, les POAS et les plateformes de dialogue sur les directives volontaires (DV) qu'il faut aujourd'hui soutenir et financer pour concevoir le cadre d'une justice foncière, environnementale et économique des terroirs de la vallée. Pour informer et documenter ces instruments de concertation, la mise en œuvre de l'observatoire de la gouvernance foncière est un passage obligé. Enfin, la vulnérabilité croissante de la biodiversité aquatique, forestière et pédologique, exige de faire progresser le droit spécifique de régénérer des écosystèmes et des ressources vivantes (rivières, formations végétales, sols).

En définitive, des collectivités territoriales compétentes et dynamiques ont un rôle important pour accompagner avec efficacité des dispositifs de gestion des ressources et des conflits.

6 Conclusions et recommandations

6.1 Bilan global pour la VFS

L'analyse du climat selon l'observation montre que les CC sont déjà une réalité dans la VFS : les températures ont partout augmenté jusqu'à plus de 1°C, les pluies sont devenues de plus en plus irrégulières et les phénomènes météorologiques extrêmes de plus en plus fréquents. A cela s'ajoutent les effets des barrages, qui ont entraîné la modification de l'amplitude de la crue et la disponibilité de l'eau, la réduction des surfaces inondées pour la décrue, la pêche et l'élevage. L'agriculture pluviale est affectée par des déficits hydriques et des baisses de rendement répétées. L'élévation du niveau de la mer et l'ouverture de la brèche de Saint-Louis favorisent également l'intrusion marine, la salinité des eaux et des nappes dans le Delta.

L'analyse de la perception des communautés des changements hydro-climatiques confirme grosso modo les observations et les impacts sur les systèmes de production. Ce nouveau contexte climatique perturbe le calendrier cultural et expose les cultures irriguées à des baisses de la quantité et de la qualité de la production, ainsi qu'à une détérioration des aménagements hydro-agricoles et des infrastructures. De l'analyse des projections climatiques, il ressort que la température augmenterait jusqu'à + 2 °C dans la Moyenne et la Haute Vallée. Bien qu'elles soient associées de fortes incertitudes, les projections indiquent que les pluies enregistreraient des baisses plus importantes dans la Haute Vallée et dans les régions sources (jusqu'à 10%). Tandis que les zones proches de l'océan (Delta) deviendraient plus chaudes la nuit et l'intérieur de la VFS serait soumis à des journées chaudes sur une bonne moitié de l'année.

Selon les zones, la baisse des précipitations, l'augmentation des températures, la réduction de la disponibilité de l'eau d'irrigation, les inondations et la salinité des eaux et des terres, seront les principaux facteurs limitants de l'agriculture d'ici 2050. A cela s'ajoutent plusieurs autres facteurs de risques non climatiques qui amplifient la vulnérabilité, dont les plus récurrents, qui ont été identifiés de manière participative par les acteurs et les producteurs, sont les pertes de récolte dues aux oiseaux granivores et aux insectes (qui peuvent affecter le tiers des rendements), la faible mécanisation (surtout dans la Haute Vallée), les pannes récurrentes des groupes moto pompes, le manque de main-d'œuvre familiale (surtout dans le Delta) et son coût, le manque de techniques et technologies d'adaptation au CC, les difficultés d'accès aux crédits et aux intrants agricoles.

L'étude a toutefois montré que les producteurs et acteurs des filières ont déjà entrepris des solutions d'adaptation afin de réduire les impacts négatifs des CC. A la lumière du diagnostic participatif des vulnérabilités et de l'analyse des forces, faiblesses, menaces et opportunités des systèmes de production et filières (présentée en Annexe 6) les options d'adaptation prioritaires ci-après ont été proposées :

- Le renforcement de la gestion durable des eaux, des sols, des cultures et des ressources forestières ;
- L'amélioration et la préservation de la diversité génétique des céréales et légumineuses sèches, des cultures de sorgho de décrue et la diffusion des variétés les mieux adaptées aux conditions climatiques actuelles et à venir ;
- Le renforcement des programmes de recherche-développement sur l'adaptation à la sécheresse, à la chaleur, au froid, à la salinité, ainsi que l'amélioration des itinéraires techniques et la gestion intégrée des nuisibles des cultures irriguées ;
- La promotion des cultures fourragères pluviales et irriguées et des pratiques de conservation et de valorisation des pâturages, l'aménagement de points d'eau pastoraux et de couloirs de passage pour l'accès à l'eau dans les espaces irrigués ;
- L'amélioration génétique et la sélection de races animales adaptées aux conditions climatiques ;
- La promotion de plans de gestion des unités pastorales fonctionnels et durables ;
- Le développement des prévisions climatiques et météorologiques et la proposition aux producteurs de réponses adaptées aux prévisions ;
- Le renforcement et l'extension des systèmes d'assurance agricole indexés sur le rendement du riz à l'ensemble de la VFS, ainsi que l'expérimentations et l'évaluation d'un système d'assurance risque « vagues de chaleur » sur les cultures maraichères ;
- Le renforcement des mécanismes d'alerte et de réponses aux catastrophes liées au climat par le suivi de l'évolution de la crue et la prédiction ainsi que le renforcement des capacités de la SAED à anticiper les risques pour les AHA ;
- L'amélioration des systèmes d'alerte précoce pour une meilleure préparation des réponses aux crises pastorales ;
- Le développement de produits d'assurance bétail adaptés à l'élevage extensif ;
- La mise en place d'opérations d'urgence de sauvegarde du bétail et l'inclusion des éleveurs dans les programmes de protection sociale ;
- Le développement de systèmes d'irrigation plus efficaces dotés de programme d'ingénierie sociale et d'approfondissement des connaissances et de suivi et de diffusion des innovations ;

- L'aménagement des points d'eau pour l'agriculture, l'élevage et la pisciculture, intégrés aux POAS ;
- Le développement des outils et mécanismes liés à l'entretien des infrastructures d'irrigation, l'amélioration des pratiques de gestion de l'eau par les associations professionnelles d'irrigants et la diffusion des innovations ;
- L'amélioration de la connaissance des ressources en eau, la réhabilitation et le renforcement des équipements de mesures hydrométriques de la DGPRE et la gestion concertée de l'eau des barrages de Manantali et Diama ;
- Le renforcement des infrastructures de transport, de stockage et de transformation, plus particulièrement dans les zones enclavées, et le soutien des prestataires de service privés, en particulier les femmes et les jeunes.

Enfin, des recommandations spécifiques à chaque zone agroécologique et des recommandations stratégiques pour la SAED ont été formulées.

6.2 Conclusion et recommandations spécifiques à chaque zone agroécologique

6.2.1 Delta et Basse Vallée

Conclusions	Recommandations
<p>Le changement du climat est marqué par de courtes saisons des pluies, une hausse des températures, une plus grande fréquence de fortes pluies et la récurrence de crues de faible amplitude. A cet effet, il est constaté les mesures adaptatives suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> - un abandon des cultures pluviales par la plupart des ménages du Delta et de la Basse Vallée - une baisse notable des emblavures de cultures de décrue et la perte du capital semencier - l'émergence de la culture de pastèque et de niébé et du maraichage de saison des pluies - un changement du calendrier cultural avec une plus grande liberté du choix de date de semis - l'augmentation du temps consacré à l'irrigation et les factures subséquentes. <p>Il faut noter que la recherche rizicole a anticipé sur la conduite culturale et le choix variétal.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Mettre l'information climatique à la disposition des agriculteurs - Appuyer la diversification des cultures et la réorientation vers le maraichage de saison des pluies dans le Delta - Appuyer et accompagner les changements des calendriers culturaux : <ul style="list-style-type: none"> ○ pour la riziculture, semis précoces (en février) pour la contre-saison froide et mieux cadrer les semis d'hivernage pour le besoin de la double culture ○ pour le maraichage, vulgariser les nouvelles techniques de pépinières voire les semis directs ○ pour le maraichage, mener des recherches pour bien fixer la conduite culturale et le choix variétal lié à ce changement ○ pour la décrue, appuyer au maintien de ce système par l'appui au maintien des crues dans les cuvettes, à la régénération du capital semencier et l'amélioration de la conduite culturale - Utiliser des variétés à cycle moyen de riz (en lieu et place de variétés à cycle court) et encourager la double culture pour maintenir

	<p>voire augmenter la production sans accroître les coûts de production</p> <ul style="list-style-type: none"> - Procéder à un accompagnement des producteurs et des acteurs locaux du Delta dans le choix des itinéraires techniques et des semences - Former des prestataires de services aux métiers de l'agriculture adaptée au CC et appuyer leur installation pour pallier au manque d'organisation des chaînes de valeurs - Aller vers des systèmes d'irrigation plus efficaces - Aller vers des programmes de diversification comme les cultures fourragères et la stabulation des animaux
Outre le climat, l'absence de rotation culturale entraîne de fortes attaques parasitaires des cultures et des pertes importantes de production	Mener un vaste programme de vulgarisation agricole de réduction de la pression parasitaire sur les cultures
Plusieurs effets aggravants la vulnérabilité au climat sont notés, à savoir : <ul style="list-style-type: none"> - La brèche de Saint Louis qui a entraîné la baisse et la salinisation de la nappe surtout dans les zones du Gandiolais et du Lac - La prolifération des plantes envahissantes comme le Typha sp - Les oiseaux granivores - Les canaux d'irrigation envahis par la végétation - Le mauvais entretien des parcelles de riziculture 	<ul style="list-style-type: none"> - Continuer le chenal d'amenée d'eau dit Canal du Gandiol et construire d'autres de moindre envergure dans la zone du Lac - Mettre en place des programmes participatifs de lutte contre le Typha sp et les oiseaux granivores - Développer un programme de sensibilisation, de curage et de surcreusement avec la participation des populations - Former les populations et les coopératives villageoises à l'entretien et la maintenance des ouvrages des parcelles et du périmètre
Absence de femmes et de jeunes dans le schéma agricole actuel	<ul style="list-style-type: none"> - Procéder à de nouveaux aménagements où les femmes et les jeunes ménages sont prioritaires - Procéder à la formation aux métiers agricoles adaptés au CC
Les terres du Delta sont salées et les rendements baissent avec la salinité des sols	<ul style="list-style-type: none"> - Application de l'azote au stade démarrage de la panicule en sus de la fertilisation de base - Utiliser les variétés tolérantes comme IR63275-B-1-1-3-3-2 et WAS73-B-B-231-4 - Semi très tôt en campagne d'hivernage - Drainage régulier des parcelles

6.2.2 Moyenne Vallée

Conclusions	Recommandations
La réduction des disponibilités en quantité et qualité en eau due à une conjonction de facteurs (un déficit chronique de pluies depuis 2000 ; évaporation en baisse depuis 1981 ; de	Une attention particulière devrait être accordée à la gestion, au suivi et contrôle de la ressource eau, par exemple :

<p>l'insolation depuis 2004 ; abaissement du niveau des nappes phréatiques) a des répercussions négatives sur l'ensemble des systèmes de productions de la Moyenne Vallée (<i>walo</i> comme <i>diéri</i>)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - le rééquilibrage du partage de l'usage de l'eau à Manantali, pour une augmentation du soutien de crue qui pourrait soulager l'ensemble des systèmes agricoles et pastoraux de la vallée - la mise en place d'un système de suivi spatialisé (MNT) de la lame d'eau dans la vallée - l'amélioration des AHA pour anticiper les risques de dégradations des aménagements et les infrastructures associées
<p>Les systèmes pluviaux (cultures, élevage, forêts) ont subi de plein fouet la combinaison des baisses de fréquence et l'espacement des précipitations, l'augmentation des températures moyennes, le bouleversement et la réduction du calendrier cultural</p>	<p>Pour performer les stratégies déjà initiées par les agriculteurs, il serait intéressant d'engager des actions envergures, notamment :</p> <ul style="list-style-type: none"> - la reconstitution du capital semencier perdu, privilégiant les cycles courts à double usage, et des variétés supportant la chaleur, - la promotion d'exploitations intégrées agro-halio-sylvo-pastorales autour de cuvettes ou de points d'eau - la restauration de la fertilité des terres par des pratiques culturales favorables à la durabilité comme la rotation culturale, la jachère, la diminution de la monoculture
<p>Une baisse de performance particulière des systèmes de production horticolas (l'oignon et la tomate) due à la fois à l'augmentation des températures, à la monoculture intensive avec utilisation d'intrants chimiques, à la réduction voire l'abandon des jachères, la vétusté ou l'inadaptation des AHA</p>	<p>Il est nécessaire d'améliorer le système d'encadrement technique au niveau des périmètres horticolas :</p> <ul style="list-style-type: none"> - formation et recyclage continu des agriculteurs sur les itinéraires techniques de production performante et durable (cela nécessite une synergie entre structures de recherche et de développement ISRA, SAED, DPV, partenaires internationaux de recherche) - amélioration des systèmes d'irrigation en s'appuyant sur les progrès d'aménage de l'eau (système goutte à goutte ou californien) - promotion de méthodes de lutte intégrée contre les ravageurs et attaques des cultures horticolas
<p>Baisse voire déclin des cultures de décrue avec une durée trop rapide des crues (moins de 45 jours utiles pour assurer une production agricole selon les populations)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Utilisation de variétés à cycle court adaptées - Soutien à la crue, dans la mesure du possible, au niveau du pilotage du barrage de Manantali
<p>Les systèmes d'élevage sont de plus en plus vulnérables du fait de la réduction de la biomasse et des ressources en eau, du tarissement et de l'ensablement des mares et des cuvettes, la réduction du couvert végétal ; la disparition d'espèces fourragères remplacées par d'autres ; le ralentissement des vitesses de régénération des arbres, un développement de maladies zoophiles</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Redynamisation des plans de gestions d'unités pastorales là où elles existent - Aménagement de mares et de puits dans le <i>diéri</i>, tant pour l'abreuvement que pour les cultures fourragères et le micro-maraichage, - Mise en place d'un système d'informations météorologiques saisonnières pour une meilleure gestion des troupeaux (mobilité, vente, etc.) - Promotion d'un système d'assurance pour le bétail et de sécurité sanitaire pour les éleveurs vis-à-vis des aléas climatiques et phytosanitaires. - Soutien du reboisement

<p>La pêche est de plus en plus en difficulté avec la diminution des captures, la faiblesse du niveau d'équipement des pêcheurs et de l'encadrement technique, même s'il y a quelques initiatives privées de pisciculture</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Meilleure gestion des défluent Dioulol et Diamel (curage + désensablement) pour améliorer les conditions de pêche sur le fleuve - Amélioration du remplissage des étangs (mares naturelles) piscicoles ; - Élargissement aux pêcheurs des programmes de promotion de l'entrepreneuriat et accompagner les privés déjà engagés dans la pisciculture
<p>Partant de l'importance du potentiel aménageable de la zone inondable de la Moyenne Vallée, de la densification de la population et des troupeaux dans le <i>walo</i>, une initiative prometteuse est l'aménagement d'ouvrages de contrôle de décrue des cuvettes ou de sections de plaine d'inondation non plus pour la riziculture seule mais pour la pluri-activité agro-halio-sylvo-pastorale communautaire à l'image des bonnes pratiques d'initiative privée et associatives agro-écologiques qui émergent à Podor et à Guelakh.</p>	<p>Ce passage d'un contrôle de l'eau au service de la seule riziculture à celui d'un développement intégré, « inclusif » des activités de production et de transformation orientées sécurité alimentaire qui dépendent de l'eau pourrait être appuyé par la rénovation de contrats fonciers traditionnels et par des soutiens financiers tels ceux de l'AFD</p>

6.2.3 Haute Vallée

Conclusions	Recommandations
<p>Concurrence forte sur l'eau du fleuve et des grandes mares (<i>maani Walo</i> et <i>maani Diéri</i>), ressource clé pour tous les systèmes de production de la Haute Vallée (agriculture, élevage et pêche)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Améliorer les systèmes d'irrigation pour éviter les pertes d'eau - Faire appliquer la charte du domaine irrigué pour garantir un accès à tous les usagers (agriculteurs, éleveurs et pêcheurs)
<p>Baisse de performances des systèmes de production due aux effets des CC : perturbation des calendriers culturels, baisse des rendements agricoles, systèmes d'élevage contraints par la rareté des ressources (eau et pâturage) et l'exacerbation des conflits d'usage.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Inscrire dans l'agenda des politiques locales des actions de conscientisation sur les effets des CC et l'adaptation au CC, par exemple par la sensibilisation des communautés (radio, caravane, journées dédiées, etc). - Soutenir des actions d'adaptation communautaires (reboisements, préservation des ressources naturelles, etc.) - Encourager et financer l'élaboration de conventions locales de gestion des RN - Évaluer les initiatives en cours à l'endroit des jeunes - Renforcer les programmes d'autonomisation des jeunes et des femmes par l'agriculture par de meilleurs ciblage des bénéficiaires à partir d'un screening des vulnérabilités
<p>Essor de l'agriculture maraîchère, en particulier la culture du piment autour des mares aménagées</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Appuyer la mise en place d'un système d'information sur les prix et marchés via une application smartphone et la mise en place de chambres froides afin d'éviter le pourrissement rapide de produits maraîchers dû à la chaleur

Déclin de la pêche	<ul style="list-style-type: none"> - Institutionnaliser le repos biologique déjà initié par les pêcheurs - Intégrer les pêcheurs traditionnels dans les projets de pisciculture : les former, faciliter le renouvellement du matériel de pêche,
Aménagements de périmètres par la SAED et mise à disposition d'accompagnement technique	<ul style="list-style-type: none"> - Améliorer les techniques de transport de l'eau sur les périmètres, d'irrigation et de drainage - Prévoir lors des aménagements les besoins des autres usagers de l'eau (éleveurs et pêcheurs)
Développement d'initiatives d'adaptation plurielles mais circonscrites : <ul style="list-style-type: none"> - gestion participative de l'eau d'irrigation à Kollengal - valorisation du lait local par une mini laiterie collective dans une commune - gestion durable des terres et construction de mini barrages autour de quelques villages de Oboual, - ferme intégrée par un privé (émigré de retour) 	<ul style="list-style-type: none"> - Étudier les conditions de mise à l'échelle et les modalités de co-financement de ces initiatives entre collectivités et Etat central - Mettre en place des mesures incitatives auprès des exploitations ou des associations et GIE qui les mettent en œuvre
Assurance agricole, seul mécanisme financier d'adaptation et très peu compris	<ul style="list-style-type: none"> - Démocratiser l'assurance agricole pour la rendre plus accessible - Adapter les produits d'assurance aux différents systèmes de production (élevage extensif et pêche, y compris la pisciculture)

6.3 Conclusion et recommandations stratégiques pour la SAED

Conclusions	Recommandations
Le diagnostic des vulnérabilités climatiques et non climatiques a abouti à l'identification et à la proposition de différentes options d'adaptation prioritaires	<p>Intégrer dans les prochaines lettres de mission de la SAED (13 et suivantes), les options d'adaptation prioritaires qui relèvent spécifiquement des mandats et missions de la SAED</p> <p>S'assurer en concertation avec la DEEC et les structures impliquées dans la lutte contre les CC de la cohérence des options d'adaptation mises en œuvre avec les politiques et stratégies climat du Sénégal. Ceci pourra se faire lors des ateliers de développement de la stratégie et de sa validation</p>
L'étude a permis d'identifier des actions agronomiques concrètes d'adaptation dont la mise en œuvre nécessitera le concours de la recherche-développement agricole. Il s'agit en particulier de l'amélioration variétale et de la préservation des espèces végétales et animales, de l'amélioration des itinéraires techniques au contexte climatique actuel et à venir, de la gestion intégrée des nuisibles des cultures, irriguées notamment	Redynamiser les instances d'échanges et de partenariats entre AfricaRice, l'ISRA, l'UGB et la SAED en vue de la conduite des recherches, des tests, de la capitalisation et de la diffusion des expériences les plus prometteuses et du matériel issu de la sélection. La SAED devra faciliter la création des conditions nécessaires à la diffusion et à l'adoption des options d'adaptation prioritaires (suivi et appui-conseil aux producteurs, appui aux filières, etc.)

La conception des infrastructures hydroagricoles présente des points critiques qui les rendent vulnérables au CC	Les nouveaux aménagements et les réhabilitations devront tenir compte des adaptations nécessaires à une meilleure durabilité technique (relèvement des cavaliers, tassement des pistes et digues, revêtement des canaux, mesures DRS-CES, etc.)
Il subsiste déjà dans la VFS des mesures d'adaptation mises en œuvre au niveau collectif voire individuel et qui semblent donner des résultats encourageants pour améliorer la performance de l'irrigation : le système d'irrigation basse pression (irrigation type californien ou semi californien) et haute pression (aspersion)	Les expériences pilotes de la SAED dans ce domaine seront à prolonger et à mettre en regard avec les innovations techniques portées par les privés. Les modèles permettant la baisse des consommations en eau devront être plus largement diffusés et accompagnés (mise en relation avec les fournisseurs, développement d'une capacité d'appui-conseil par la DAM, etc.)
Des actions visant à renforcer la résilience des couches les plus vulnérables existent (périmètres maraichers et arboricoles des femmes, etc.)	Les mesures d'adaptation destinées aux femmes et aux jeunes seront à multiplier
Des projets d'aménagements sont en cours dans le <i>diéri</i> , permettant de réduire la vulnérabilité des communautés implantées dans les territoires les plus éloignés du fleuve	La SAED devra tourner sa planification vers les zones de gestion des communes rurales les plus vulnérables et y adapter sa budgétisation, son dispositif de mise en œuvre et de suivi-évaluation. Le retour d'expérience du programme DELTA à venir servira de base aux interventions dans l'ensemble de la vallée. La recherche de financement devra continuer pour de nouvelles infrastructures hydrauliques dans la zone des 3 marigots ou le prolongement du canal du Gandiolais
Assurance agricole : ce type de produit semble connaître un essor dans la VFS, toutefois les producteurs réclament plus de transparence dans le processus d'évaluation des dégâts et de déclenchement des indemnités, notamment pour l'assurance multirisque	Faire évaluer en partenariat avec la CNAAS, LBA, les ONG, les organisations professionnelles de producteurs et les producteurs, les gammes d'assurance déjà existantes dans la VFS avant l'extension à d'autres zones et à d'autres produits d'assurances
Il existe des systèmes de prévisions climatiques et météorologiques, d'alerte précoce et de réponses aux catastrophes et d'opération d'urgence	S'appuyer sur les institutions et les documents cadres (SDAGE, étude PDIDAS, etc.) existant pour améliorer les instruments, préciser les mesures opérationnelles prioritaires dans chacune des délégations et rendre les dispositifs pérennes
Planification, budgétisation, financement, suivi évaluation de la mise en œuvre des options d'adaptation prioritaires identifiées	Valoriser les compétences qui seront développées en matière de renforcement des capacités institutionnelles, techniques et scientifiques et de formation de la SAED et ses partenaires (cf. stratégie et plan d'action)

Annexes

Annexe 1 : Extrait des termes de référence de l'étude

2.3 Objectifs de la prestation et résultats attendus

2.3.1 Objectif général

L'objectif général de la prestation est d'analyser la vulnérabilité aux effets attendus du changement climatique dans la Vallée du Fleuve Sénégal et d'identifier des options d'adaptation qui seront notamment intégrées par la SAED dans la poursuite de ses objectifs d'aménagements de la vallée et d'appui aux acteurs locaux pour le développement économique de leurs territoires.

Il s'agira de conduire cette étude dans les 3 régions agro écologiques de la VFS (Delta, Moyenne et Haute Vallée). De manière spécifique, l'étude sera conduite dans deux zones du Delta (le Lac de Guiers et le Gandiolais), deux zones dans la Moyenne vallée (les délégations de Podor et Matam), et une zone pour la Haute Vallée (Bakel). L'analyse prendra aussi en compte le maillage de la SAED dont les délégations comprennent des secteurs, zones et sous-zones. C'est ce dispositif qui organise l'encadrement des producteurs.

2.3.2 Objectifs spécifiques

De façon spécifique, le consultant devra atteindre les 4 objectifs suivants :

- i. Evaluer la vulnérabilité des secteurs agricole, pêche, élevage, ressources en eau, à la variabilité et aux changements climatiques dans les 3 zones agro écologiques de la Vallée du Fleuve Sénégal, y compris face aux événements extrêmes suivant les scénarios climatiques les plus probables.
- ii. Identifier les options d'adaptation (notamment fondées sur la nature) au changement climatique pertinentes au regard des différents écosystèmes, des usages et des activités de la VFS, afin de consolider le volet adaptation des lettres de mission de la SAED et définir les besoins de renforcement de capacités;
- iii. Elaborer, avec les partenaires concernés, une stratégie déclinée en plan d'actions pour l'intégration de ces options d'adaptation et actions de renforcement des capacités dans les lettres de mission de la SAED;
- iv. A partir du plan d'actions codéfini, accompagner la SAED, le MAER et les différentes parties prenantes à prioriser, à budgétiser, et à planifier les activités du volet renforcement de capacités des acteurs qui seront mises en oeuvre en 2020.

2.3.3 Résultats à atteindre

Résultat 1. Co-élaboration, avec les parties prenantes, de scénarios d'évolution du territoire incluant les impacts climatiques pour la VFS à partir des données existantes à l'horizon temps 2035 et 2050 pour le RCP 4.5 et le RCP 8.5 en intégrant les perspectives en termes d'évolution des ressources en eau : hydrologique et hydraulique du Fleuve Sénégal et des territoires de la VFS pour appréhender la gestion des infrastructures (notamment les barrages), et également l'évolution des mares, des niveaux

de crues dans les cuvettes, etc., et leurs impacts par exemple sur les filières, spéculations, services écosystémiques, modes de vie,...

Résultat 2. La vulnérabilité des secteurs agricole, élevage, pêche, ressources en eau, à la variabilité et aux changements climatiques dans la Vallée du Fleuve Sénégal est évaluée dans les 3 zones agro écologiques de la VFS (Delta, Moyenne et Haute Vallée) suivant les scénarios climatiques les plus probables.

Résultat 3. Les filières porteuses ainsi que les options d'adaptation au changement climatique pertinentes au regard des différents écosystèmes, des usages et des activités, des systèmes de production, des filières et spéculations de la VFS, ou les initiatives innovantes pour une mise à l'échelle sont identifiées, et les besoins en renforcement de capacités des différentes catégories d'acteurs vis-à-vis de l'adaptation au changement climatique sont définis ;

Résultat 4. Les adaptations à apporter aux activités et aux investissements de la SAED (notamment (i) pour orienter les types de réseaux et types de cultures promus, (ii) pour orienter la gestion des barrages de Manantali et de Diama, ou (iii) pour des solutions basées sur la nature) sont proposées en concertation avec les partenaires. Cette étude s'appuiera sur les conclusions de l'étude relative à la vulnérabilité des barrages et les risques d'inondation commanditée par le PDIDAS en relation avec l'OMVS. Cette étude est conduite par BRL-ingénierie.

Résultat 5. Un plan d'actions pour l'intégration opérationnelle de l'adaptation au changement climatique dans les Lettres de Mission (LM) de la SAED et le renforcement des capacités des acteurs est co-élaboré avec les partenaires ;

Résultat 6. La SAED et les différentes parties prenantes sont accompagnées dans la priorisation, la budgétisation et la planification des activités du volet renforcement de capacités des acteurs du plan d'actions codéfini pour renforcer l'intégration de l'adaptation. Ces activités seront mises en œuvre en 2020 dans le cadre d'un autre appel d'offre Adapt'Action.

Annexe 2 : Difficultés, contraintes, leçons apprises et bonnes pratiques

Difficultés rencontrées dans la conduite de l'étude

L'équipe du consortium a connu de nombreuses perturbations dont la défection du chef de mission initial pour des raisons de santé (juin 2020) et le décès soudain du second expert spécialisé en génie civil et rural (survenu à son retour de mission de terrain fin novembre 2020).

La crise sanitaire liée à la COVID-19 a très fortement perturbé la planification des activités. Du fait de cette pandémie, et suite aux consignes de l'AFD, la principale mission de terrain, initialement prévue en mars 2020, a dû être annulée en dernière minute ; les activités ont ensuite été provisoirement suspendues de mi-mars à septembre 2020, à l'exception du travail de revue bibliographique. Le report des activités a affecté la productivité des experts. Outre les craintes de certains membres de l'équipe pour leur propre santé, la situation liée à la crise sanitaire a en outre entraîné des conflits de calendrier, ce qui a finalement abouti au départ de certains membres de l'équipe, dont le premier expert en génie civil/rural, l'expert en élevage et l'experte en genre.

L'équipe n'a pas eu accès à la plupart des données nécessaires pour le calcul des indices de vulnérabilités climatiques des systèmes de production. En dépit d'une requête adressée à la SAED, seules les données sur les sinistres survenus dans quelques casiers rizicoles, ainsi que le nombre des producteurs ayant souscrit à un contrat d'assurance auprès de la CNAAS au cours de ces deux dernières campagnes agricoles ont été fournis. Bien qu'éparses, ces données ont toutefois été analysées et consignées dans le présent livrable.

La consolidation d'un rapport d'étude sur la base des contributions d'une dizaine d'experts aux spécialités différentes représente un défi de taille. Il a été surmonté mais au prix d'un temps considérable passé par l'équipe de coordination, bien au-delà de ce qui avait été prévu initialement dans l'offre.

Leçons apprises et bonnes pratiques à capitaliser

Malgré le temps relativement court de la mission de terrain, les trois zones agroécologiques et les cinq zones ciblées par l'étude ont pu être visitées, et la plupart des acteurs clés des principales filières et systèmes de production ont été rencontrés dans chaque zone, à l'exception sans doute des acteurs de l'agro-industrie, plus difficiles à mobiliser pour ce type d'étude.

Tout au long de l'étude, une attention particulière a été portée aux contraintes auxquelles les femmes et les jeunes sont confrontés, à leurs stratégies de minimisation des risques et à leurs besoins en matière d'adaptation, notamment en garantissant leur présence et leur participation active lors des entretiens de type focus group. L'équipe d'experts ayant été répartie en deux groupes pour la collecte de données dans les différentes zones, le fait d'avoir deux expertes au sein de l'équipe a été un atout majeur pour pouvoir conduire ces FG dans de bonnes conditions.

La collecte de données sur la perception des vulnérabilités et les options d'adaptation auprès des producteurs et des autres acteurs des filières, couplée avec l'organisation de cinq ateliers de zone et l'atelier national de restitution tenu à Dakar, a abouti au partage, à la consolidation et à la validation

des résultats des diagnostics participatifs, cela en un temps pourtant relativement court, notamment pour analyser les données recueillies sur le terrain avant les ateliers.

La visite des actions/initiatives passées et en cours d'adaptation au CC, lors de la mission de collecte de données sur le terrain, a permis de répertorier les expériences réussies et de proposer leur réplique ou mise à échelle dans le cadre de cette étude.

Afin de mieux appréhender les vulnérabilités face aux effets attendus des CC dans la VFS, l'étude a mis à la fois l'accent sur les vulnérabilités de type hydro-climatique et les autres facteurs de vulnérabilité de type biotique, socioéconomique, technologique, organisationnel ou financier qui menacent également le développement des filières, et qui, combinés aux changements hydro-climatiques, accroissent la vulnérabilité des populations de la VFS.

Annexe 3 : Bibliographie

- Abdou Ndiaye Diop, El Hadji Malick Sylla, Bruno Barbier, Jean-Claude Bader, Mamadou Sall, Cheickh Sadibou Fall, Mohamadou Dieye et Aymar Yaovi Bossa, (2020). L'agriculture de décrue a-t-elle un avenir au Sénégal? Une analyse selon la méthode FFOM : « Forces-Faiblesses-Opportunités-Menaces », p. 133-143, in risques climatiques et agriculture en Afrique de l'ouest, Chapitre 9.
- Abewoy D. (2018). Review on Impacts of Climate Change on Vegetable Production and its Management Practices. *Adv Crop Sci Tech* 6: 330.
- ADEME (2012). Elaborer et mettre en œuvre une stratégie ou un plan d'adaptation dans un territoire. Eléments de méthodologie tirés de l'expérience internationale. 31 pages.
- Agrhymet (2009). Le Sahel face aux changements Climatiques : Enjeux pour un développement durable. Numéro spécial, 38 pages.
- ANACIM (2020). Bulletins agro météorologiques du groupe de travail multidisciplinaire (GTP) <http://www.anacim.sn/produits-du-gtp/>
- ANSD (2016). Situation économique et sociale régionale : Tambacounda. Service Régional de la Statistique et de la Démographie de Tambacounda.
- ANSD (2020). Situation économique et sociale régionale. Matam 2017-2018. Service Régional de la Statistique et de la Démographie de Matam. 228p.
- Ansoumana Bodian, Lamine Diop, Geremy Panthou, Honoré Dacosta, Abdoulaye Deme, Alain Dezetter, Pape Malick Ndiaye, Ibrahima Diouf and Théo Vischel (2019). Recent Trend in Hydroclimatic Conditions in the Senegal River Basin. *Water* 2020, 12, 436.
- Arame Top (2014). Évolution des systèmes de production agricole dans un contexte de changement climatique et de migration et effet de genre dans les trois zones éco-géographiques de la région de Matam au Sénégal. *Sociologie*. Université Toulouse le Mirail - Toulouse II, 2014. Français. ffNNT : 2014TOU20030ff. fftel-01141123f
- Ba A. H. (2007). Mobilités sahéniennes : les processus contemporains des migrations. In : Acteurs et territoires du Sahel. *Sociétés, Espaces, Temps*. 260 p.
- Ba B. (2018). Avancées notées avec les initiatives « Coalition for African Rice Development » au Sénégal : cas Vallée du Fleuve Sénégal. *Promotion of African Development for SubSaharan African Contries*. 62 pages.
- Bader J-C., Pouget J.-C. (2018). Aide à la gestion de réservoirs multi-objectifs dans le bassin du fleuve Sénégal : évaluation multicritères de différents modes. In : Arnaud N. (ed.), Jouve B. (ed.), Müller J.P. (ed.) *Systèmes complexes : de la biologie aux territoires*. Montpellier.
- Baldé A. B., Müller B., Ndiaye O., Stuerz S., Sow A., Diack B. S. (2014). Changement climatique dans la vallée du fleuve Sénégal : implications sur les systèmes de culture du riz irrigué. XXVIIe Colloque de l'Association Internationale de Climatologie. 2-5 juillet 2014 – Dijon (France).
- Barnett B. & Mahul O. (2007). Weather index insurance for agricultural and rural areas in lower-income countries, *American Journal of Agricultural Economics*, 89 (5), 1241-1247.
- Barrios S., Ouattara B., Strobl E. (2008). The impact of climatic change on agricultural production : Is it different for Africa? *Food Policy*, 33 : 287-298.
- Bates B. C., Kundzewicz Z. W., Wu S., Palutikof J. P., (2008). *Climate Change and Water*. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC Secretariat, Geneva, Switzerland, 210 p
- Bazin F, Béchir A, B., Khamis D. (2013). Etude prospective : systèmes d'élevage et changements climatiques au Tchad, Rapport Institut de recherches et d'applications des méthodes de développement (IRAM-Montpellier), Ministère du Développement Pastoral et des Productions Animales, 80 pages.

Belmin R. (2018). Compte rendu de mission exploratoire dans la zone du Lac de Guiers. Mission conjointe CIRAD, ISRA, UGB et SAED.

Bernard C. (1991). Les débuts de la politique de reboisement dans la vallée du fleuve Sénégal (1920-1945).

Bodian A., Dézetter A., Diop L., Deme A., Djaman K., D. A. (2018). Future Climate Change Impacts on Streamflows of Two Main West Africa River Basins: Senegal and Gambia. *Hydrology* 2018, 5, 21. 18 pages

Boivin, P., Favre, F., Maeght, J-L. (1998). Les sols de la moyenne vallée du fleuve Sénégal : caractéristiques et évolution sous irrigation. *Etude et gestion des sols* (5), 4 : 235-246

Bonfiglioli A. M. (1990). Pastoralisme, agro-pastoralisme et retour : itinéraires sahéliens. *Cah. Sci. Hum.*, 26 (1-2), 255–266.

Bourgoin J., E. Valette, D. Diop, A. Adamczewski, D. Dia, L. Touré (2016). Le delta du fleuve Sénégal : quel modèle agricole ?.

BRL (2018). Etude sur les risques d'inondation et le déversement non contrôlé connexe de l'eau des barrages de Diama et Manantali et le plan de préparation aux situations d'urgence. PDIDAS : 399p.

Bruckmann L. (2016). L'intégration des zones inondables dans la gestion de l'eau et le développement de l'irrigation d'une vallée fluviale sahélienne. Le cas des terres de décrue de la moyenne vallée du Sénégal. Thèse de Doctorat en Géographie. Université Paris Diderot (Paris 7).

Bureau de la coordination des Nation Unies (2002). Rapport de la mission inter-agences du système des Nations Unies dans le cadre de la catastrophe survenue dans les régions de Saint-Louis et Louga.

Chamard P. et Courel M.F. (1999). La forêt sahélienne menacée. *Sècheresse* n°1, vol10.

CIRAD/GRET (1992). *Momento de l'agronome, 1992*. Ministère des Affaires étrangères, CIRAD, GRET, 1698 pages

Clavel M. (2018). Mémoire de Master : « L'amélioration de la gouvernance foncière dans la zone hydro-agricole du Delta du Fleuve Sénégal : une contribution par l'analyse de genre ».

Commissariat à la Sécurité Alimentaire, Système d'information sur les marchés agropastoraux (SIM). Bulletin mensuel des marchés n°393, décembre 2020.

Crousse B., Mathieu P. & Seck S.M. (1991). *La vallée du fleuve Sénégal. Évaluation et perspectives d'une décennie d'aménagements*, Paris, Karthala, 380 p.

CSE (2017). Suivi de la production végétale. MEDD.

CSE (2018). *Annuaire sur l'Environnement et les ressources naturelles*. Quatrième édition. 388 pages.

CSE (2018). Suivi de la production végétale. MEDD.

CSE (2019). Suivi de la production végétale. MEDD.

CSE (2020). Suivi de la croissance de la végétation. Bulletin de la première décade du mois d'août 2020.

D'Aquino P., Seck S.M. (2017). Formaliser ou sécuriser ? Leçons de l'expérience sénégalaise dans la vallée du fleuve Sénégal.

David Miller, Michael Wasson, Sylvia Trazska, Sara-Katherine Coxon, Ayesha Dinshaw, Heather McGray, Sandra Baptista, Alfonso del Rio, Leif Brottem, Tim Finan, Mamadou Baro and Henri Mathieu Lo (2014). *Senegal climate change vulnerability assessment and options analysis*. African and Latin American Resilience to Climate Change (ARCC). Prepared for: United States Agency for International Development, Global Climate Change Office, Climate Change Resilient Development project, Washington, DC, 957 pages.

DEEC (2014). Situation de référence de la biodiversité dans les zones de peuplement en typha. Rapport PNEEB/TYPHA.

Descroix L. (2018). *Processus et enjeux d'eau en Afrique de l'Ouest soudano-sahélienne*. Paris : EAC, 320 p.

Dia I. (2020). Quel rôle pour les Groupements de Promotion Féminine dans l'accès sécurisé des femmes au foncier ? In blog de l'IIED.

Diagana A. (1994). Etudes hydrogéologiques dans la vallée du fleuve Sénégal de Bakel à Podor : Relations eaux de surface/eaux souterraines. Thèse de doctorat en Hydrogéologie, Université Cheikh Anta Diop Dakar. (https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/div, 177 p.

Diao Camara A. (2013). Thèse en sociologie, « Le rapport au changement dans la société pastorale du Ferlo », Université de Bourgogne (Dijon).

Dieng B. (1999). Impacts des barrages de Diama et Manantali sur les nappes de la vallée du fleuve Sénégal. *Sud Sciences et Technologies*, N° 3, 1999, 31–38.

Dimé et al. (2018). Migrations et autonomisation des femmes en contexte de changement climatique : enjeux et défis à Wendu Bosséabé. IED Afrique

Dingkuhn M. (1992). Physiological and ecological basis of varietal rice crop duration in the Sahel. In « Annual Report for 1991 ». ADRAO, Côte-d'Ivoire. pp. 12-22.

Diouf D. et al. (2000). Le reboisement au Sénégal, bilan des réalisations de 1993 et 1998. Laboratoire de microbiologie des sols IRD, ISRA, UCAD, CIRAD ; Centre Bel-Air.

Diouf I.F. (2013). Système mixte agriculture irriguée et élevage transhumant : l'enjeu autour de l'accès aux ressources foncières dans la moyenne vallée du fleuve Sénégal. *Géographie*. Université Toulouse le Mirail - Toulouse II.

Diouf P.S. & Albaret J.J. (1996). L'élevage du tilapia dans le bassin du fleuve Sénégal : les raisons d'un échec. CRODT. Troisième symposium international sur le Tilapia en Aquaculture. ICLARM.

Djibrirou Daouda Ba, Papa Malick Ndiaye, Cheikh Faye (2018). Variabilité pluviométrique et évolution de la sécheresse climatique dans vallée du fleuve Sénégal. *Etudes togolaises, Revue Togolaise des Sciences*, Vol 12, n°1 – Janvier-juin 2018, pp 57-71.

EndaPronat (2011). Rapport scientifique « Amélioration et sécurisation de l'accès des femmes au foncier au Sénégal ».

Eriksen, S., E. Lisa, F. Schipper, M. Scoville-Simonds et al. (2020). Adaptation interventions and their effect on vulnerability in developing countries: Help, hindrance or irrelevance? *World Development* Volume 141, May 2021, 10538.

Estrada O., R. C. Genova, B. Girma, E. S. Kissel, A. N. Levy, S. McCracken, P. R. Mastrandrea, L. L. White, eds. *Climate change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability. Part B: regional aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge Univ. Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY.

Fall M. (2015). Rapport sur la présence des pêcheurs maliens dans le département de Dagana. Service Régional des Pêches et de la Surveillance de Saint-Louis / Service Départemental des Pêches et de la Surveillance de Dagana, 5 p.

FAO (2018). Impacts du changement climatique sur les pêches et l'aquaculture : synthèse des connaissances actuelles, options d'adaptation et d'atténuation. Résumé du Document technique de la FAO sur les pêches et l'aquaculture no 627. Rome. 48 pp.

Faye V. M., C. Mbow et A. Thiam (2016). Évolution de l'occupation et de l'utilisation du sol entre 1973 et 2010 dans la zone agropastorale du lac de Guiers (Sénégal). *Vertigo* [En ligne], Volume 16 Numéro 1 | mai 2016, mis en ligne le 09 mai 2016, consulté le 25 janvier 2021. URL: <http://journals.openedition.org/vertigo/17206>

Feed the future Sénégal Naatal Mbay, USAID, IPAR (2019). L'assurance agricole au Sénégal, 12 pages.

Garett & Fleming (1978). Evaluation des effets des aménagements prévus dans la vallée du fleuve Sénégal. OMVS. Rapport final.

Gay J. P. et Dancette C., (1994). La diversification des cultures. Nianga, Laboratoire de l'agriculture irriguée. *Maitrise et choix techniques*, p. 281-300

- Gaye D. (2017). Suivi de la pluviométrie au Nord-Sénégal de 1954 à 2013 : étude de cas des stations synoptiques de Matam, Podor et Saint-Louis, Norois [En ligne], 244.
- GERM (2018). Déterminants économiques et socio-anthropologiques des migrations dans les régions du Sud et du Sud-Est du Sénégal : Kolda, Kédougou et Tambacounda. GERM & Faits de Sociétés.
- GIZ 2015. Guide de référence sur la vulnérabilité. Concept et lignes directrices pour la conduite d'analyses de vulnérabilité standardisées
- Gning A. A. (2015). Etude et Modélisation Hydrogéologique des Interactions Eaux de Surface-Eaux Souterraines dans un Contexte d'Agriculture Irriguée dans le Delta du Fleuve Sénégal. Thèse de doctorat en hydrogéologie, Université de Liège-UCAD, 259 p.
- Granier L. (2010). Les conventions locales, des outils efficaces de gestion concertée des ressources naturelles. CTFD et
- GRDR (2014). Atlas de la moyenne vallée du fleuve Sénégal.
- GRET (2019). Etude pour l'évaluation des besoins pour le contrôle du Typha dans le delta du fleuve au Sénégal et en Mauritanie. Rapport d'état des lieux et bilan des méthodes de lutte contre le typha. OMVS : 114p.
- Hallegatte, Ankur Shah, Robert Lempert, Casey Brown, Stuart Gill (2012). Investment Decision Making Under Deep Uncertainty – Application to Climate Change. Policy Research Working Paper 6193. The World Bank Sustainable Development Network Office of the Chief Economist.
- Hansen P.J. (2007). Exploitation of genetic and physiological determinants of embryonic resistance to elevated temperature to improve embryonic survival in dairy cattle during heat stress. *Theriogenology* 68 (4), 242-249.
- Harris, I., Jones, P.D., Osborn, T.J. & Lister, D.H. (2014). Updated high-resolution grids of monthly climatic observations - the CRU TS3.10 Dataset. *International Journal of Climatology* 34, 623-642.
- Hydroconseil-Agriate (2019). Evaluation rétrospective des interventions de l'Agence Française de Développement dans le secteur de l'irrigation. Etude de cas pays – Sénégal, 40p.
- Illy P. (1973). Etude hydrogéologique de la vallée du fleuve Sénégal, Projet hydroagricole du bassin du fleuve Sénégal Rapport RAFI6506 7, 158 p.
- IPAR/CNCR (2019). Accès des femmes à la terre au Sénégal : Quelques leçons tirées de l'étude de base « Promotion d'une gouvernance foncière inclusive par une amélioration des droits fonciers des femmes au Sénégal ».
- IPCC (2007). *Climate Change (2007): Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 976 pp.
- Koffi Djaman, Alpha B. Balde, Daran R. Rudnick, Ousmane Ndiaye and Suat Irmak (2016). Long-term trend analysis in climate variables and agricultural adaptation strategies to climate change in the Senegal River Basin. *Int. J. Climatol.* 37: 2873–2888.
- Kosuth P., Corniaux F., T. S. (1999). Expertises sur les impacts environnementaux de la gestion des ouvrages. Rapport P.O.G.R., OMVS-ORSTOM. Tome 5 (<https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/>), 152 p.
- Koussoubé Y. (1992). Application de la géophysique (électrique) à l'étude des aquifères alluviaux de la vallée du fleuve Sénégal (Nord-Guiers, Dagana et Bas-Ferlo). Mémoire de D.E.A. de Géologie, mention hydrogéologie, FST-UCAD., 133 p.
- Kwakkel, J. H., Haasnoot, M., & Walker, W. E. (2016). Comparing Robust Decision-Making and Dynamic Adaptive Policy Pathways for model-based decision support under deep uncertainty. *Environmental Modelling & Software*, 86, 168-183.

- Lafarge, T., Julia, C., Balde, A.B., Ahmadi, N., Muller, B., Dingkuhn, M. (2015). Stratégies d'adaptation du riz en réponse à la chaleur au stade de la floraison. In: Changement climatique et agricultures du monde. Torquebiau, E. (ed.). Versailles : Ed. Quae : 37-49
- Lericollais A. & Diallo Y. (1980). Peuplement et cultures de saison sèche dans la vallée du Sénégal. 7 Cartes et Notices, OMVS/Orstom, Paris.
- Lericollais A. (1975). Peuplement et migrations dans la vallée du Sénégal. Cahiers ORSTOM, Série Sci. Hum., vol XII, n°2, 123-135.
- Leroy M. (2004). Gestion stratégique des écosystèmes dans un contexte d'aide internationale – Vallée du Fleuve Sénégal. Thèse de doctorat de l'ENGREF.
- Magnan A. (2013). Éviter la maladaptation au changement climatique, IDDRI Policy Brief.
- Magnan, A. K., Schipper, E. L. F., Burkett, M., Bharwani, S., Burton, I., Eriksen, S., & Ziervogel, G. (2016). Addressing the risk of maladaptation to climate change. *WIREs Climate Change*, 7(5), 646–665.
- Magrin G. & Seck S.M. (2009). La pêche continentale en sursis ? <https://journals.openedition.org/geocarrefour/7226>
- Manga M.L. : 2019 : Déforestation et conflits fonciers au Sénégal (1960-2012) ; Université Assane Seck de Ziguinchor ; Cotonou 2019
- Mbaye M.L., Hagemann S., Haensler A., Stacke T., Gaye A.T., A. A. (2015). Assessment of Climate Change Impact on Water Resources in the Upper Senegal Basin (West Africa). *American Journal of Climate Change*, 4, 77-93.
- McCarthy, J.J., Canziani, O.F., Leary, N.A., Dokken, D.J. and White, K.S. (Eds.). (2001). Climate change: Impacts, adaptation and vulnerability. Cambridge University Press, 1005 pages.
- McSweeney, C., New, M., & Lizcano, G. (2010). Senegal. UNDP climate change country profiles series. Retrieved from <http://www.geog.ox.ac.uk/research/climate/projects/undp-cp/index.html?country=Senegal&d1=Reports>
- Michel P. (1973). Les bassins des fleuves Sénégal et Gambie, mémoires ORSTOM, Paris, France, no 63, 3 vol., 752 p
- Mitchell, T.D. & Jones, P.D. (2005). An improved method of constructing a database of monthly climate observations and associated high-resolution grids. *International Journal of Climatology* 25, 693-712.
- Muller B., O. Mahul, W. Dick, I. Wade, F. Affholder, M. Fall (2010). L'assurance agricole : un outil potentiel d'appui au développement en Afrique de l'Ouest soudano-sahélienne. Colloque « Agir en situation d'incertitude », 22-24 novembre 2010, Montpellier, France.
- Nardone A, Ronchi B, Lacetera N, Ranieri M S & Bernabucci U. (2010). Effects of climate change on animal production and sustainability of livestock systems. *Livest. Sci.* 130, 57–69.
- Niang A. (2011). Aménagement du lac de Guiers de 1824 à l'avènement des grands barrages du fleuve Sénégal : Prospective géographique ; *Climat et Développement*, 12 : 27-38.
- Niang I., O. C. Ruppel, M. A. Abdrabo, A. Essel, C. Lennard, J. Padgham, et al. (2014). Africa. pp. 1199–1265 in V. R. Barros, C. B. Field, D. J. Dokken, M. D. Mastrandrea, K. J. Mach, T. E. Bilir, M. Chatterjee, K. L. Ebi, Y. O. Estrada, R. C. Genova, B. Girma, E. S. Kissel, A. N. Levy, S. McCracken, P. R. Mastrandrea, L. L. White, eds. Climate change (2014). Impacts, adaptation, and vulnerability. Part B: regional aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge Univ. Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY.
- Nikulin, G., Jones, C., Giorgi, F., Asrar, G., Büchner, M., CerezoMota, R., Christensen, O. B., Déqué, M., Fernandez, J., Hänsler, A., van Meijgaard, E., Samuelsson, P., Sylla, M. B., & Sushama, L. (2012). Precipitation Climatology in an Ensemble of CORDEX-Africa Regional Climate Simulations, *J. Climate*, 25, 6057–6078.
- Oort P. A. J. V., Zwart S. J. (2017). Impacts of climate change on rice production in Africa and causes of simulated yield changes. *Glob Change Biol.* 2017; 1–17.

- Osman-Elasha B, (2018). Les femmes...dans le contexte des changements climatiques in chroniques de l'ONU.
- Osman-Elasha, 2008, «Gender and Climate Change in the Arab Region»the second conference of Arab Woman Organization, 2008-'Women in the Concept and Issues of Human Security: Arab and International Perspectives" Proceedings of the 2nd. Arab Woman Organization (AWO) Conference- Emirates
- PAM et Oxfam America (2017). Oxfam evaluation summary. Building more resilient communities in Senegal. Impact evaluations of the R4 Rural Resilience Initiative in Senegal (2013-2016), 4 p.
- Papy L. (1951). La vallée du Sénégal : Agriculture traditionnelle et riziculture mécanisée. Les Cahiers d'Outre-mer n°16.
- Pascal Sagna, Ousmane Ndiaye, Cheikh Diop, Aïda Diongue Niang, Pierre Corneille Sambou (2015). Les variations récentes du climat constatées au Sénégal sont-elles en phase avec les descriptions ? Pollution Atmosphérique N°227 - Octobre - Décembre 2015, pp 1-17.
- Pinord (2009). Study of the agricultural risks in the Senegal River valley, Programme d'appui aux initiatives du Nord, 44 p.
- Poussin J-C., D. Martin, J-C. Bader, D. Dia, S. M. Seck et A. Ogilvie (2020). Variabilité agro-hydrologique des cultures de décrue. Une étude de cas dans la moyenne vallée du fleuve Sénégal. Cah. Agric. Volume 29, N°23, 11 pages.
- République du Sénégal. (2014). Le Plan Sénégal émergent. Février, 184 pages.
- Salack S., (2006). Impacts des changements climatiques sur la production du mil et du sorgho dans les sites pilotes du plateau central, de Tahoua et de Fakara. CILSS, 33 p.
- Sall, M., S.M. Tall, A. Tandian et A.A. Samb, (2011). Changements climatiques, stratégies d'adaptation et mobilités. Evidence à partir de quatre sites au Sénégal, Human Settlements Group, iied, ISBN 978-1-84369-832-6, 49 p.
- Santoir C. (1994). Décadence et résistance du pastoralisme. Les Peuls de la vallée du fleuve Sénégal. In: Cahiers d'études africaines, vol. 34, n°133-135, 1994. L'archipel peul. pp. 231-263.
- Saos J-L., Diagana A., T. J.-P. (1993). Relation eaux de surface eaux souterraines dans la vallée alluviale du fleuve Sénégal. Projet EQUÉSEN. Rapport de synthèse, Tome 4, Chap VII. (https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes_divers16-04/010067019.pdf), 42 p.
- Sarr C.M. (2019). « Rareté du poisson : le PUMA lance le programme de repeuplement du fleuve Sénégal » ; SENE Journal ; 31 décembre 2019
- Schlenker W., Lobell D.B. (2010). Robust negative impacts of climate change on African agriculture. Environmental Research Letters, 5 : 1-8.
- Schmitz J. (2008). La vallée du Sénégal entre (co)développement et transnationalisme.
- SCP, CSE, CACG, Ginger. (2009). SDAGE du fleuve Sénégal. Phase 1. État des lieux et diagnostic, version finale, décembre 2009. Dakar (Sénégal) : OMVS, 443 p.
- Semou, Diouf (2019). Variabilité et changement climatique : analyse des principaux indices agro-hydro-climatiques au Sénégal. Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme de Master en océan-atmosphère-climat et chimie de l'eau (OA2CE), spécialité : océan-atmosphère-climat université Gaston berger de Saint-Louis, UFR des sciences appliquées et technologie section : physique appliquée, 72 pages
- Serkine P. (2015). Le risque de maladaptation au changement climatique : un enjeu pour la rentabilité des investissements ? Association d'économie financière. Revue d'économie financière, 1 n° 117, p 75-90.
- Serme M. (1993). Femmes des villages et développement. Nécessité d'un revenu monétaire pour la femme en milieu rural : cas des femmes de la moyenne vallée du Fleuve Sénégal. CIRAD.

- Skees, J.R., Collier, B. (2008). The potential of weather index insurance for spurring a Green Revolution in Africa, GlobalAgRisk Inc., in The AGRA (Alliance for a Green Revolution in Africa) Policy Workshop, Nairobi, Kenya, June 23-25, www.globalagrisk.com
- Sultan B., Roudier P., Quirion P. (2013). Les bénéfices de la prévision saisonnière dans l'agriculture en Afrique de l'Ouest. In : Bossuet J. (coord.), Vadez V. (coord.). Surmonter les défis de l'agriculture en zones sèches. Sécheresse, 304-313.
- Taylor K. E., R. J. Stouffer & G. A. Meehl (2012). An Overview of CMIP5 and the Experiment Design. B Am Meteorol Soc, 93, 485-498.
- Thiam N. A. (2016). Allocation optimale de l'eau dans le bassin versant du fleuve Sénégal. Mémoire de Maîtrise en Génie des eaux, Université Laval., 84 p.
- Tourrand J.F. & Landais E. (1994). Aménagements hydrauliques et développement : stratégies paysannes d'adaptation dans le delta du fleuve Sénégal (1984-1991). Natures Sciences Sociétés 1994 ; 2 : 212-29.
- Tourrand J.F. (1989). Un pasteur devient agro-pasteur : étude de cas dans le Delta du fleuve Sénégal. ISRA, Dakar.
- UICN (2006). Evaluation des ressources sauvages au Sénégal. Evaluation préliminaire des produits forestiers non ligneux, de la chasse et de la pêche continentale, 79 pages.
- Van Lavieren & Van Wetten (1988). Profil de l'environnement de la vallée du fleuve Sénégal. R.I.N, contributions to research on management of natural resources. Research Institute for Nature Management ; 169p.
- Van Oort, P. A. J., Balde, A., Diagne, M., Dingkuhn, M., Mannesh, B., Muller, B., Stuerz, S. (2016). Intensification of an irrigated rice system in Senegal: Crop rotations, climate risks, sowing dates and varietal adaptation options. European Journal of Agronomy, 80, 168–181. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2016.06.012>
- Wade Cheikh Samba et Wade Aboubacky (2018). La migration, facteur urbanisant et de développement socio-territorial dans la vallée du fleuve Sénégal. Etudes Caribéennes 39-40.
- Williamson, Tim & Hessel, Hayley & Johnston, Mark, (2012). "Adaptive capacity deficits and adaptive capacity of economic systems in climate change vulnerability assessment," Forest Policy and Economics, Elsevier, vol. 15(C), pages 160-166.

Sites internet :

- <http://www.fao.org/3/X2919F/x2919f04.htm> (FAO, 1998)
- http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_senegal/fr
- <http://www.potato2008.org/fr/points-de-vue/bindi.html>
- <https://climateinformation.org/dap/>
- <https://climateknowledgeportal.worldbank.org>
- <https://climateknowledgeportal.worldbank.org/country/madagascar/climate-data-projections>
- <https://eco-act.com/fr/project/bokhol-energie-solaire>
- <https://fonciers-en-debat.com/la-protection-juridique-de-la-qualite-des-sols/>
- <https://gain.nd.edu/our-work/country-index/rankings>
- <https://journals.openedition.org/vertigo/10863?lang=pt>
- <https://ret11.teledetection.fr/climap>
- <https://ret11.teledetection.fr/climap/proj/>
- <https://www.farmlandgrab.org/post/view/29192>
- https://www.inter-reseaux.org/wp-content/uploads/afl_atelier_assurance_betail_dakar.pdf

[https://www.ipar.sn/IMG/pdf/note_de_capitalisation -
_gouvernance_du_foncier_dans_le_bassin_du_fleuve-srb_fao_ipar.pdf](https://www.ipar.sn/IMG/pdf/note_de_capitalisation_-_gouvernance_du_foncier_dans_le_bassin_du_fleuve-srb_fao_ipar.pdf)

<https://www.notre-planete.info/actualites/4157-causes-deforestation-Senegal>

Annexe 4 : Exemple de grille de collecte de données « focus group riziculture irriguée »

1. INFORMATIONS GENERALES (5 min.)		
1.1. Identification	<ul style="list-style-type: none"> • Date de conduite de l'enquête • Noms des enquêteurs 	<i>A préciser par l'enquêteur avant ou au démarrage de l'enquête.</i>
1.2. Localisation géographique	<ul style="list-style-type: none"> • Zone d'étude (Lac, Gandiolais, Podor, Matam ou Bakel) • Région / Département / Localité(s) • Secteur & Zone d'encadrement SAED 	
1.3. Participants au FG	<ul style="list-style-type: none"> • Nombre d'hommes / de femmes • Profils : producteurs/productrices ou autres (préciser) • OP d'appartenance 	<i>Identifier à cette étape qui sont les « leaders » (afin d'éviter qu'ils monopolisent la parole).</i>
2. APERÇU DES MOYENS D'EXISTENCE DANS LA ZONE (15 min.)		
2.1. Moyens d'existence	<ul style="list-style-type: none"> • Principaux systèmes de cultures, d'élevage et de pêche pratiqués, et leur combinaison au sein des exploitations agricoles • Autres activités, y compris non agricoles (commerce, migration, etc.) • Aperçu du calendrier saisonnier (pointes de travail, récoltes, etc.) 	<i>Partir de questions simples du type « qu'est-ce que les gens font / quelles sont leurs sources de nourriture et revenus (agricoles ou non) » puis approfondir en fonction des réponses afin de couvrir les différents sujets listés ci-contre.</i>
2.2. Accès aux ressources et facteurs de production	<ul style="list-style-type: none"> • Eau et autres ressources naturelles • Principales parties du paysage exploitées • Foncier et aménagements • Main-d'œuvre (familiale ou externe) • Outils, matériels, équipements agricoles, intrants • Bétail, capital, crédit • Capacités techniques, encadrement, etc. 	
2.3. Revenus et sécurité alimentaire	<ul style="list-style-type: none"> • Principaux produits vendus / consommés • Accès au marché • Niveau de sécurité alimentaire des ménages et ses variations saisonnières 	
3. CARACTERISATION SUCCINCTE DE LA RIZICULTURE IRRIGUEE (20 min.)		
3.1. Typologie et irrigation	<ul style="list-style-type: none"> • Unités agroécologiques (unités de paysage) • Saison(s) de culture • Taille et type(s) de périmètre irrigué • Taille des exploitations et modes de tenure • Type(s) d'aménagement hydroagricole • Modes d'organisation et de financement 	<i>Compléter les informations discutées dans la section 2, mais de manière plus spécifique sur le riz irrigué.</i>
3.2. Autres facteurs de production	<ul style="list-style-type: none"> • Main d'œuvre (familiale ou externe) • Outils, équipements, intrants (semences : variétés, produits agrochimiques) • Crédit de campagne 	
3.3. Production et revenus	<ul style="list-style-type: none"> • Rendements et leurs variations (bonne/mauvaise année) 	

	<ul style="list-style-type: none"> • Utilisation de la production (part vendue, part autoconsommée, remboursement de dettes, etc.) • Principaux marchés et prix (dont variations) 	
--	---	--

4. CHANGEMENTS CLIMATIQUES OBSERVES ET LEURS IMPACTS/CONSEQUENCES (30 min.)		
4.1. Types de risque/choc hydro-climatique affectant la riziculture irriguée	<ul style="list-style-type: none"> • Pluies intenses ou irrégulières • Crues / inondations • Absence de crue • Températures de plus en plus élevées • Vagues de chaleur • Saison des pluies plus courtes ou plus longues • Périodes ou « poches » de sécheresse • Vents chauds et secs ou poussiéreux • Elévation du niveau de la mer / intrusion marine, etc. 	<i>Ne pas lire la liste. Partir d'une question ouverte sur les changements climatiques observés par les riziculteurs, puis lister et prioriser les risques en fonction de leurs effets passés et actuels sur la riziculture irriguée.</i>
4.2. Effets/impacts observés sur la riziculture irriguée	<ul style="list-style-type: none"> • Nombre ou fréquence d'apparition au cours des 10 dernières années • Types de dégâts / pertes / dommages • Eléments de la chaîne de valeur du riz impactés (terres, eau, aménagements, infrastructures, cultures, production, transformation, commercialisation, consommation, revenus, etc.) 	<i>Pour chaque type d'évènement climatique priorisé en 4.1, poser des questions relatives aux 3 points ci-contre.</i>
4.3. Groupes vulnérables	<ul style="list-style-type: none"> • Producteurs/productrices les plus affectés • Zones ou parties du terroir les plus affectées 	<i>Comme ci-dessus + tenter d'identifier les raisons</i>

5. AUTRES FACTEURS DE VULNERABILITE DE LA RIZICULTURE IRRIGUEE (20 min.)		
5.1. Autres contraintes majeures pour la riziculture irriguée	<ul style="list-style-type: none"> • Animaux / oiseaux / insectes ravageurs • Maladies (préciser lesquelles) • Adventices (préciser lesquelles) • Accès à la terre • Main-d'œuvre (disponibilité, coûts, etc.) • Dégradation des terres agricoles (préciser) • Qualité de l'eau ou des sols • Accès aux intrants / équipements / matériels agricoles • Pannes des équipements de pompage (fréquence) • Système de drainage • Encadrement technique et accès aux innovations • Financement des campagnes (accès au crédit, modalités de remboursement, taux d'intérêt, etc.) • Organisation des producteurs (existence, fonctionnement, etc.) • Commercialisation (accès au marché, prix, etc.) 	<i>Ne pas lire la liste. Partir d'une question ouverte sur les autres contraintes (non hydro-climatiques) rencontrées par les riziculteurs, puis lister et prioriser les contraintes en fonction de leurs effets/impacts passés et actuels sur la riziculture irriguée.</i>
5.2. Effets/impacts observés sur la riziculture irriguée	<ul style="list-style-type: none"> • Eléments de la chaîne de valeur du riz impactés (terres, eau, aménagements, infrastructures d'appui à la production, cultures, production, transformation, commercialisation, consommation, revenus, etc.) 	<i>Pour chaque type de contrainte priorisée en 5.1, identifier le ou les éléments impactés.</i>

6. STRATEGIES ADOPTEES & ENVISAGEES FACE AUX EFFETS DU CC (30 min.)		
6.1. Réponses déjà apportées et savoirs locaux	<ul style="list-style-type: none"> • Ouvrages et aménagements existants (irrigation, drainage, contrôle des crues, endiguement, etc.) • Nouveaux équipements (ex : pompage solaire) 	<i>Ne pas lire la liste. Reprendre un à un chaque risque climatique et type d'impact priorisés en 4.1 et 4.2, et lister</i>

	<ul style="list-style-type: none"> • Organisation des producteurs (ex : gestion de l'eau) • Changements de pratiques agricoles (ex : décalage ou étalement des semis, SRI, etc.) • Utilisation de variétés adaptées (nouvelles ou anciennes) 	<i>pour chacun les stratégies existantes, en fournissant des détails. Préciser aussi s'il s'agit de stratégies adoptées par les producteurs eux-mêmes ou d'appuis externes.</i>
6.2. Mesures d'adaptation à entreprendre	<ul style="list-style-type: none"> • Recours au crédit agricole • Systèmes d'assurance agricole • Unités de stockage / transformation • Renforcement des capacités techniques ou organisationnelles • Information climatique (prévisions météo, systèmes d'alerte précoce, etc.) • Diversification des activités économiques • Stratégies d'évitement (ex : migration, sortie de l'agriculture, abandon, etc.) 	<i>Idem, mais pour les stratégies envisagées.</i>
6.3. Niveau d'échelle et partenaires	<ul style="list-style-type: none"> • Ménages / exploitations agricoles • OP • Collectivités territoriales • Services techniques décentralisés • SAED • Projets / programmes / ONG / PTF / etc. 	<i>Pour chaque stratégie listée en 6.1 et 6.2, préciser le niveau d'échelle et les partenaires (existants ou potentiels).</i>

7. ACTIONS PRIORITAIRES DANS LE FUTUR POUR LA RIZICULTURE IRRIGUEE (10 min.)		
7.1. Actions prioritaires à mettre en œuvre	<p>Quelles sont les actions prioritaires d'adaptation à mettre en œuvre pour faire face aux changements climatiques suivants dans les décennies à venir :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pluies de plus en plus variables • Climat de plus en plus chaud • Phénomènes météorologiques extrêmes : <ul style="list-style-type: none"> – Pluies intenses et inondations – Vagues de chaleur – Sécheresse 	<i>Compléter la liste si besoin.</i>
7.2. Effets attendus	Pour chaque action prioritaire, quels sont les effets/impacts attendus sur la riziculture irriguée ?	
7.3. Risques probables	Pour chaque action prioritaire, quels sont les risques probables associés à la mise en place d'une telle action ?	

Annexe 5 : Personnes et structures consultées

Nom/Prénom	Fonction	Institution	Lieu
Dr. Ali Ibrahima	Agronome	Africa Rice	Saint-Louis
Dr Manneh Boubacar	Responsable régional	Africa Rice	Saint-Louis
M. Khassim Malick Sarr	Coordinateur de projet	AIDEP	Podor
M. Abdoulaye Hoth	Agent technique	ANCAR	Keur Momar Sarr
M. Maga Diaw	Président	APAC	Ngnith
M. Kader Fanta Ngom	Assistant technique droit foncier et décentralisation	ASAMM/APEFAM	Matam
Mme Kadiatou Ba	Présidente	Association Bantare Toro	Podor
Mme Maimouna Diouf	Directrice	CADL	Rao
M. Ousman Sow	Propriétaire	Centre agroécologique de Nguelakh	Nguelakh
M. Malick Bare Niang	Animateur communautaire	Comité communal de développement / Commission Environnement	Ndièbène Gandiol
M. Arfan Massy Diedhiou	Chef de division	Division régionale de l'hydraulique	Saint-Louis
M. Mamadou Balde	Directeur régional	DRDR	Saint-Louis
M. Camara	Directeur	DRDR	Matam

Nom/Prénom	Fonction	Institution	Lieu
M. Moussa Gueye	Chef de division	DREEC	Saint-Louis
M. Chekh Gueye	Agro-pisciculteur	Exploitation piscicole	Ngnith
M. Abdoulaye Racine Hann	Président d'association d'exploitants privés	Ferme Alpha Saw	Podor
Mme Adjil Wade	Présidente	Groupement de femmes	Ndièbène Gandiol
Mme Maïmouna Sow	Présidente	Groupement de femmes	Podor (Thioofy)
M. Alioune Diagne	Président	Groupement de pêcheurs	Keur Momar Sarr
Mme Lalla Fall	Présidente	Groupement de promotion féminine	Keur Momar Sarr
Mme Marie Camara	Présidente	Groupement départemental des femmes	Bakel
M. Cheikh Amadou Thiam	Adjoint à l'inspecteur	Inspection départementale de l'élevage	Bakel
Dr Omar N'Daw Faye	Chercheur (sélection variétale)	ISRA	Saint-Louis
M. Massaer Diop	Superviseur commercial Zone Nord	La Banque Agricole	Saint-Louis
M. Fodé Sény Diakhité	Maire / agriculteur	Mairie	Bakel
Mme Touré	Secrétaire de mairie	Mairie	Ngnith
M. Cheikh Fall	Coordinateur des cadres communautaires du développement durable	Mairie	Ndièbène Gandiol

Nom/Prénom	Fonction	Institution	Lieu
M. Mamadou Thioune	Sous-préfet	Préfecture	Keur Momar Sarr
M. Amadou Moussa N'diaye	Coordinateur Cellule planification et suivi-évaluation	SAED	Saint-Louis
M. Djibril Sall	Directeur des Aménagements et Infrastructures Hydroagricoles	SAED	Saint-Louis
M. Aly Niang	Conseiller agricole	SAED	Keur Momar Sarr
M. Mbargou Lo	Directeur de délégation	SAED	Bakel
M. Mamadou Diouf Fall	Chef de la Division d'Appui à la Production et à l'Entreprenariat Rural	SAED	Bakel
M. Serigne Ibra Niang	Chef de la Division Aménagement et Gestion de l'Eau et de l'Environnement	SAED	Matam
M. Mamadou Djitté	Chargé de suivi-évaluation	SAED	Matam
M. Aboubacry Hann	Chef de la Division Aménagement et Gestion de l'Eau et de l'Environnement	SAED	Matam
M. Laity Ka	Chef secteur Matam	SAED	Bokidiawe
M. Boubaca Mbodji	Chef secteur Kanel	SAED	Hamady Ounaré (Kanel)
M. Moussa M'boj	Chef de secteur Hamady Ounaré	SAED	Hamady Ounaré (Kanel)
M. Ndiappe M'bow	Chef de zone Diélla	SAED	Hamady Ounaré (Kanel)

Nom/Prénom	Fonction	Institution	Lieu
M. Alassane Ba	Directeur du Développement et Appui aux Collectivités Territoriales (DACT)	SAED	Saint-Louis
M. Amadou Thiam	Directeur général adjoint	SAED	Saint-Louis
M. Paul Marie Faye	Directeur de délégation	SAED	Podor
Mme Marième Diop	Responsable des activités de promotion féminine	SAED	Podor
M. Ibrahima Baldé	SDDR adjoint	SDDR	Bakel
M. Boureima Biaye	Responsable d'antenne	Service de l'agriculture	Keur Momar Sarr
M. Abdoulaye Karré	Chef de brigade	Service des eaux et forêts	Rao Peulh
M. Aliou Ba	Sous-lieutenant de la brigade	Service des eaux et forêts	Podor
M. Youssou Coly	Agent vétérinaire	Service technique de l'élevage	Ngnith
Mme Angelique Manga	Agent vétérinaire	Service technique de l'élevage	Rao Peulh
M. Alioune N'diaye	Sous-préfet adjoint	Sous-préfecture	Rao Peulh

Annexe 6 : Analyse des forces, faiblesses, menaces et opportunités des principaux systèmes de production et filières de la VFS

Riziculture irriguée	
Forces	Faiblesses
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Système agricole intensif ▪ Ressource en eau sécurisée ▪ Rendements élevés ▪ Existence d'organisations paysannes ▪ Existence de grandes surfaces de terres irrigables ▪ Existence de structures d'appui conseil ▪ Existence de système de crédit agricole ▪ Secteur prioritaire dans la politique agricole et économique du pays 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Exposition aux évènements hydro-climatiques extrêmes ▪ Coût d'investissements élevés ▪ Forte pression parasitaire ▪ Coûts de l'hydraulique élevés (plus élevés dans la haute et amont de la moyenne vallée) ▪ Aménagements vétustes et dégradés exposés à de nombreuses contraintes techniques (pannes GMP) ▪ Faible niveau d'équipement et de capacités de stockage ▪ Faiblesse de la mécanisation (haute et moyenne vallée notamment) ▪ Faible accès à des technologies agricoles innovantes ▪ Insuffisance de l'appui au secteur de la recherche et de la vulgarisation ▪ Faible valorisation de la main-d'œuvre familiale pour réduire les coûts de production (cas du delta notamment)
Menaces	Opportunités
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Concurrence du riz importé ▪ Exode rural, émigration ▪ Renchérissement de la main d'œuvre agricole extérieure du fait de la covid-19 ▪ Perspectives climatiques incertaines sans mesures d'adaptation 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Forte demande en riz local ▪ Contexte international favorable ▪ Disponibilité et engagement des partenaires ▪ Existence de nombreuses initiatives d'appui à la filière riz ▪ Disponibilité de services de financement ▪ Assurance agricole

Cultures maraichères	
Forces	Faiblesses
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Système agricole intensif ▪ Rendements élevés ▪ Ressource en eau sécurisée ▪ Diversification agricole 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Exposition aux événements climatiques extrêmes (vagues de chaleur, vents chauds et secs) ▪ Salinité des eaux et des nappes (delta, zone du Gandiolais) ▪ Accès inégalitaire selon les capacités d'investissement ▪ Pression phytosanitaire élevée ▪ Coûts hydrauliques élevés ▪ Faiblesse de la mécanisation ▪ Manque d'infrastructures de conservation et de stockage
Menaces	Opportunités
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aléas climatiques ▪ Prolifération des ennemis des cultures dans un contexte de CC ▪ Manque de connaissance en adaptation de l'agriculture maraichère au CC ▪ Mise en marché des produits agricoles désorganisée et insuffisamment régulée ▪ Dégradation des sols et de l'environnement en raison d'un usage excessif des engrais de synthèses et pesticides ▪ Accaparement des terres par l'agro-industrie 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aménagement de mini barrages pour l'agriculture (moyenne et haute vallée) ▪ Possibilité de renforcer l'autofinancement ▪ Expériences innovantes de formations professionnelles d'agriculteurs ▪ Gestion des calamités via l'assurance agricole ▪ Soutien du développement de l'agrobusiness (zone delta notamment)

Agriculture de décrue	
Forces	Faiblesses
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Activité très populaire auprès des producteurs ▪ Sécurité pour les ménages les plus pauvres ▪ Bonne connaissance du calendrier agricole ▪ Utilisation des terres fertilisées par la crue ▪ S'affranchit de la pluie et du coût hydraulique de l'irrigation ▪ Pas d'investissements nécessaires ▪ Sécurité alimentaire familiale 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Irrégularité des pluies et des crues ▪ Imprévisibilité des surfaces inondées ▪ Système extensif qui nécessite une forte main d'œuvre ▪ De moyens de travail encore rudimentaires ▪ Calendrier culturel contraignant lié à la décrue ▪ Forte pression parasitaire ▪ Distance éloignée des villages ▪ Faibles rendements ▪ Activité désorganisée et non structurée
Menaces	Opportunités
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Barrages qui entraînent la régularisation de débit du fleuve (crues écrêtées) et le déficit de rechargement organique et minéral des eaux et des sols inondables ▪ Concurrence avec les aménagements agricoles (périmètres irrigués) ▪ Des perspectives hydro-climatiques très incertaines ▪ Des engagements non tenus par les politiques nationales et celles de l'OMVS 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Possibilités d'améliorer les itinéraires techniques ▪ Possibilités de pratiquer des irrigations de compléments

Agriculture pluviale	
Forces	Faiblesses
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ressources foncières importantes ▪ Possibilité d'intégration agriculture/élevage ▪ Proximité avec les villages ▪ Sécurité alimentaire ▪ Faiblesse des investissements 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Dépendance à la saison des pluies ▪ Déficit pluviométrique chronique et raccourcissement de la saison de pluies ▪ Dysfonctionnement des calendriers culturaux et pertes de repères des producteurs et des encadreurs ▪ Pression parasitaire ▪ Dégradation des sols ▪ Faible disponibilité de la matière organique ▪ Faiblesse des rendements
Menaces	Opportunités
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Agriculture pluviale pas suffisamment adaptée au contexte climatique actuel et à venir 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Programmes, projets et initiatives en matière d'adaptation au CC en cours ▪ Financement de la CDN

Elevage	
Forces	Faiblesses
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Intégration agriculture-élevage ▪ Changement de la structure des troupeaux ▪ Mobilité du bétail ▪ Diversification et reconversion des activités 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Exposé aux événements hydro-climatiques extrêmes, notamment les sécheresses ▪ Dépendance du profil de la pluviométrie ▪ Dégradation des ressources pastorales (eau, pâturages) ▪ Réduction des espaces de pâturage dans le <i>walo</i> ▪ Mortalité du bétail ▪ Zones transfrontalières particulièrement exposées aux épizooties
Menaces	Opportunités
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pression agricole appuyée par une politique publique d'intensification de l'agriculture irriguée ▪ Absence de crédit 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Développement possible des cultures fourragères ▪ Insertion d'agro-industries dans des territoires d'élevage

Pêche	
Forces	Faiblesses
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Complémentarité avec d'autres activités : agriculture, élevage, cueillette ▪ Contribution à l'autosuffisance alimentaire ▪ Pas de gros investissements nécessaires 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Dépendance de la crue et de l'inondation latérale du lit du fleuve ▪ Réchauffement des eaux de surface et manque d'oxygène ▪ Chute des captures en saison sèche ▪ Dégradation des habitats naturels et perte de la biodiversité halieutique ▪ Prolifération d'espèces végétales aquatiques envahissantes ▪ Ensablement des plans d'eau ▪ Rejet des eaux usées de drainage de l'agriculture ▪ Surpêche ▪ Faible organisation de la profession ▪ Manque d'infrastructures de débarquement et d'équipements de conservation ▪ Manque d'encadrement ▪ Non-respect de la réglementation en vigueur
Menaces	Opportunités
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Baisse des surfaces inondées du fait de barrage de Manantali ▪ Absence de crédit ▪ Faible soutien des politiques publiques de l'Etat 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Possibilités d'aménager des mares naturelles pour la pisciculture ▪ Existence d'une agence de l'aquaculture ▪ Existence de programme d'amélioration de la pêche au niveau sous régional (OMVS)