



Organisation des Nations Unies
pour l'alimentation
et l'agriculture

Évaluation de la vulnérabilité du secteur agricole aux
**changements climatiques
et identification d'options
d'adaptation pour la
région de Kolda**

au SÉNÉGAL



Rapport produit dans
le cadre du projet
**Sécurité alimentaire:
une agriculture
adaptée (SAGA)**





Évaluation de la vulnérabilité du secteur agricole aux
**changements climatiques
et identification d'options
d'adaptation pour la
région de Kolda au Sénégal**

Rapport produit dans le cadre du projet
Sécurité alimentaire: une agriculture adaptée (SAGA)

AUTEUR(E)S:

Adama Faye, Adama Tounkara, Paul Ndiaga Ciss, Mor Ngom
Institut sénégalais de recherche agricole

Ibrahima Camara
Université Cheikh Anta Diop

Citer comme suit:

Faye, A., Tounkara, A., Ciss, P.N., Ngom, M. et Camara, I. 2022. *Évaluation de la vulnérabilité du secteur agricole aux changements climatiques et identification d'options d'adaptation pour la région de Kolda au Sénégal. Rapport produit dans le cadre du projet Sécurité alimentaire: une agriculture adaptée (SAGA)*. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/cc0571fr>

Les appellations employées dans ce produit d'information et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) aucune prise de position quant au statut juridique ou au stade de développement des pays, territoires, villes ou zones ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites. Le fait qu'une société ou qu'un produit manufacturé, breveté ou non, soit mentionné ne signifie pas que la FAO approuve ou recommande ladite société ou ledit produit de préférence à d'autres sociétés ou produits analogues qui ne sont pas cités.

Les opinions exprimées dans ce produit d'information sont celles du/des auteur(s) et ne reflètent pas nécessairement les vues ou les politiques de la FAO.

ISBN 978-92-5-136434-5

© FAO, 2022



Certains droits réservés. Cette œuvre est mise à la disposition du public selon les termes de la Licence Creative Commons Attribution-Pas d'Utilisation Commerciale-Partage dans les Mêmes Conditions 3.0 Organisations Intergouvernementales (CC BYNC-SA 3.0 IGO; <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/igo/legalcode.fr>).

Selon les termes de cette licence, cette œuvre peut être copiée, diffusée et adaptée à des fins non commerciales, sous réserve que la source soit mentionnée. Lorsque l'œuvre est utilisée, rien ne doit laisser entendre que la FAO cautionne tels ou tels organisation, produit ou service. L'utilisation du logo de la FAO n'est pas autorisée. Si l'œuvre est adaptée, le produit de cette adaptation doit être diffusé sous la même licence Creative Commons ou sous une licence équivalente. Si l'œuvre est traduite, la traduction doit obligatoirement être accompagnée de la mention de la source ainsi que de la clause de non-responsabilité suivante: «La traduction n'a pas été réalisée par l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO). La FAO n'est pas responsable du contenu ni de l'exactitude de la traduction. L'édition originale [langue] est celle qui fait foi.»

Tout litige relatif à la présente licence ne pouvant être résolu à l'amiable sera réglé par voie de médiation et d'arbitrage tel que décrit à l'Article 8 de la licence, sauf indication contraire contenue dans le présent document. Les règles de médiation applicables seront celles de l'Organisation mondiale de la propriété intellectuelle (<http://www.wipo.int/amc/fr/mediation/rules>) et tout arbitrage sera mené conformément au Règlement d'arbitrage de la Commission des Nations Unies pour le droit commercial international (CNUDCI).

Matériel attribué à des tiers. Il incombe aux utilisateurs souhaitant réutiliser des informations ou autres éléments contenus dans cette œuvre qui y sont attribués à un tiers, tels que des tableaux, des figures ou des images, de déterminer si une autorisation est requise pour leur réutilisation et d'obtenir le cas échéant la permission de l'ayant-droit. Toute action qui serait engagée à la suite d'une utilisation non autorisée d'un élément de l'œuvre sur lequel une tierce partie détient des droits ne pourrait l'être qu'à l'encontre de l'utilisateur.

Ventes, droits et licences. Les produits d'information de la FAO sont disponibles sur le site web de la FAO (www.fao.org/publications) et peuvent être achetés sur demande adressée par courriel à: publications-sales@fao.org. Les demandes visant un usage commercial doivent être soumises à: www.fao.org/contact-us/licence-request. Les questions relatives aux droits et aux licences doivent être adressées à: copyright@fao.org.

Photographie de couverture: ©Mer et Monde

Table des matières

Sigles et abréviations	vii
Remerciements	x
Résumé exécutif	ix
INTRODUCTION	1
Contexte	1
1. PÉRIMÈTRE DE L'ÉTUDE DE VULNÉRABILITÉ: RÉGION DE KOLDA	4
Climat, sol et végétation	4
Situation sociodémographique et sécurité alimentaire	6
Situation socio-économique	7
Situation de l'agriculture à Kolda	7
Zones d'études spécifiques	8
Spéculations ciblées et leur place dans les exploitations agricoles	10
Le maïs	10
Le riz	10
2. APPROCHE GÉNÉRALE DE L'ÉTUDE DE VULNÉRABILITÉ	11
Définition d'une chaîne d'impact de la vulnérabilité	13
L'exposition	13
La sensibilité	14
La capacité d'adaptation	14
Les limites de l'étude	14

3.	RÉSULTATS	15
	Évaluation de la vulnérabilité actuelle	15
	Exposition actuelle	15
	Sensibilité actuelle	20
	Capacité d'adaptation actuelle	27
	Vulnérabilité actuelle	30
	Analyse de la vulnérabilité future	31
	Exposition future	31
	Sensibilité future	34
	Discussion générale sur la vulnérabilité	39
4.	ANALYSE DES STRATÉGIES ET OPTIONS D'ADAPTATION	41
	Les stratégies d'adaptation	41
	Initiatives agricoles et leçons apprises sur les filières riz et maïs	41
	Les stratégies pour assurer les revenus du ménage	42
	Les mesures institutionnelles	42
	Les barrières et lacunes	44
	Les options d'adaptation prioritaires	45
5.	CONCLUSIONS	47
	BIBLIOGRAPHIE	49
	ANNEXES	51

Figures et tableaux

FIGURES

Figure 1.	Carte de la région de Kolda	5
Figure 2.	Répartition (%) de la population de la région de Kolda par département et par sexe (Source: ANSD-RGPHAE, 2014)	6
Figure 3.	Distribution géographique des sites d'étude dans la région de Kolda	9
Figure 4.	Approche combinée (locale et globale) pour gérer les impacts des changements climatiques (adapté de Dessai and Hulme (2004))	11
Figure 5.	Chaîne d'impacts selon le quatrième rapport d'évaluation du GIEC (AR4) (Source: GIZ, 2015)	13
Figure 6.	Indice standardisé des précipitations dans les trois départements	16
Figure 7.	Évolution entre 1980 et 2015 de la pluviométrie et de la température historique dans les trois sites d'étude (département de Kolda, département de Médina Yoro Foulah, département de Vélingara)	16
Figure 8.	Perception de la variabilité pluviométrique et la température	17
Figure 9.	Nombre et durée des séquences sèches il y a 20 ans et aujourd'hui	18
Figure 10.	Dates de début et de fin de la saison des pluies auparavant et actuellement	18
Figure 11.	Les événements extrêmes les plus fréquents dans la zone de Kolda	19
Figure 12.	Les indicateurs d'exposition des sites d'étude dans la région de Kolda	19
Figure 13.	Évolution des rendements historiques de maïs et de riz dans les trois départements de la zone d'étude	20
Figure 14.	Les différents types de cultures avec stock alimentaire pour le ménage	21
Figure 15.	Les principales contraintes de l'agriculture dans la zone de Kolda selon les ménages	22
Figure 16.	Les stratégies d'adaptation pour remédier à la baisse de la fertilité des sols	23
Figure 17.	Rendements moyens de maïs et de riz issus des essais agronomiques de l'année 2020 en milieu paysan dans les trois sites d'étude	24

Figure 18.	Perception des ménages sur les indicateurs de sensibilité socio-économique sur les sites d'étude dans la région de Kolda	26
Figure 19.	Caractéristiques sociodémographiques des ménages	27
Figure 20.	Niveau d'instruction en français des chefs de ménage	27
Figure 21.	Avantages de l'appartenance à une organisation de producteurs	28
Figure 22.	Les mesures stratégiques pour subvenir aux besoins du ménage	29
Figure 23.	Les indicateurs de capacité d'adaptation évalués avec les données socio-économiques des sites d'étude dans la région de Kolda	30
Figure 24.	Évolution de la pluviométrie, la température moyenne et l'évapotranspiration futures par rapport à la période de référence (1976-2005)	32
Figure 25.	Tendance des projections de l'indice pluviométrique standardisé (IPS) et de la température sur la période 2006-2070	33
Figure 26.	Les indicateurs d'exposition future des différentes zones d'étude selon le scénario RCP4.5 et RCP8.5	34
Figure 27.	Écarts de rendements du maïs et du riz aux horizons 2035 et 2050, par rapport à la période de référence 1976-2005	35
Figure 28.	Les indicateurs de sensibilité future des différentes zones d'étude selon le scénario RCP4.5 et RCP8.5	36
Figure 29.	Principaux déterminants de capacité adaptative future identifiés pour la période 2006-2050	37

TABLEAUX

Tableau 1.	Les sites d'étude dans les trois départements avec les vallées correspondantes	9
Tableau 2.	Déterminants actuels et futurs de la vulnérabilité à la variabilité climatique et aux changements climatiques	12
Tableau 3.	Coefficients de corrélation entre le rendement et les paramètres climatiques	21
Tableau 4.	Distribution de l'indice de vulnérabilité actuelle par département au niveau de la région de Kolda	31
Tableau 5.	Projection des paramètres climatiques aux horizons 2035 et 2050	33
Tableau 6.	Vulnérabilité climatique à l'horizon 2050 des sites d'étude dans la région de Kolda selon les scénarios RCP4.5 et RCP8.5	38
Tableau 7.	Options d'adaptation prioritaires identifiées lors de l'atelier participatif organisé à Kolda en juillet 2021	45

Sigles et abréviations

ANACIM	Agence nationale de l'aviation civile et de la météorologie
ANCAR	Agence nationale de conseil agricole et rural
DAPSA	Direction de l'analyse, de la prévision et des statistiques agricoles
DRDR	Direction régionale du développement rural
DSSAT	Decision support system for agrotechnology transfer
CDN	Contribution déterminée au niveau national
CPDN	Contribution prévue déterminée au niveau national
CSE	Centre de suivi écologique
ENSAN	Enquête nationale sur la sécurité alimentaire et la nutrition
FAO	Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
ICN2	Deuxième conférence internationale sur la nutrition
IE	indice d'exposition
INP	Institut national de pédologie
IPS	indice pluviométrique standardisé
IRD	Institut de recherche pour le développement
IS	indice de sensibilité
ISRA	Institut sénégalais de recherches agricoles
IV	indice de vulnérabilité
LNRPV	Laboratoire national de recherches sur les productions végétales
LPSEDD	Lettre de politique du secteur de l'environnement et du développement durable
NASAN	Nouvelle alliance pour la sécurité alimentaire et la nutrition
ONG	organisation non gouvernementale
OP	organisation de producteurs
PADERCA	Projet d'appui au développement rural en Casamance
PAP 2A	Programme d'actions prioritaires accéléré et ajusté
PAPIL	Projet d'appui à la petite irrigation locale

PAS-PNA	Projet d'appui scientifique aux Plans nationaux d'adaptation
PFONGUE	Plateforme des ONG européennes au Sénégal
PSAOP	Programme de services agricoles et organisations de producteurs
PSE	Plan Sénégal émergent phase 2 (PSE II)
SAGA	Sécurité alimentaire: une agriculture adaptée
SARRA-H	Système d'analyse régionale des risques agro-climatiques-H
SSC	saison sèche chaude
SSF	saison sèche froide
SECSNA	Secrétariat exécutif du conseil national de sécurité alimentaire
SDDR	Service départemental du développement rural
PNA	Plan national d'adaptation

Résumé exécutif

Depuis 2015, le Sénégal s'est engagé dans le processus d'élaboration de son Plan national d'adaptation (PNA) et compte sur l'appui de différents partenaires techniques et financiers pour réaliser ses différents PNA sectoriels. Notamment pour le secteur de l'agriculture, l'évaluation de la vulnérabilité d'un point de vue biophysique et socio-économique face aux changements climatiques constitue une étape importante dans l'identification des options d'adaptation à moyen et long termes. Plusieurs études de vulnérabilité sont ainsi planifiées pour couvrir les six zones agro-écologiques du pays, selon une approche méthodologique harmonisée entre les partenaires concernés. Les résultats permettront de comparer et d'apprécier l'évaluation du niveau de vulnérabilité du secteur agricole face aux effets des changements climatiques sur l'ensemble du pays.

Depuis 2020, le projet FAO «Sécurité alimentaire: une agriculture adaptée» (SAGA) a permis d'évaluer la vulnérabilité actuelle et future du secteur agricole (grandes cultures) dans la région de Kolda. Ce travail repose sur: l'exploitation des statistiques agricoles et climatiques, et sur un processus de consultation impliquant des enquêtes auprès des ménages, des focus groups, et des entretiens semi-dirigés réalisés avec les acteurs clés impliqués dans le secteur agricole dans la région de Kolda; pour évaluer la vulnérabilité actuelle. La vulnérabilité future a été évaluée à l'aide de la modélisation des cultures de riz et de maïs, avec les modèles Système d'analyse régionale des risques agro-climatiques-H (SARRA-H) et Decision support system for agrotechnology transfer (DSSAT), respectivement. Les impacts socio-économiques des changements climatiques au niveau de la zone ont été évalués à l'aide du modèle d'équilibre général calculable (MEGC).

Les résultats montrent une importante variabilité interannuelle des précipitations actuelles dans les trois départements de la région de Kolda, soient Kolda, Médina Yoro Foula et Vélingara. Une tendance à la hausse d'environ 1,5 °C en 30 ans est observée au niveau de la température moyenne. Les conséquences de cette variation des paramètres climatiques sont nombreuses mais les rendements de maïs et riz semblent être moins sensibles car marqués par une légère tendance à la hausse avec une variabilité entre 500 et 3000 kg/ha. Ces rendements historiques sont inférieurs aux rendements moyens paysans issus des essais agronomiques de la campagne 2020 dans les trois sites. Ceci révèle une performance agronomique importante des agriculteurs(trices) dans la région de Kolda avec près de 93 pour cent qui appliquent presque les mêmes pratiques recommandées par la recherche scientifique. Ces agriculteurs(trices) perçoivent bien la variabilité spatio-temporelle (plus de 80 pour cent des personnes enquêtées) et selon eux (50 pour cent des bénéficiaires et 55 pour cent des témoins), l'un des principaux effets de la variabilité climatique est la baisse des rendements. L'analyse de la vulnérabilité actuelle montre que les départements de Médina Yoro Foulah et de Vélingara seraient les plus exposés aux changements climatiques, alors que le département de Kolda serait relativement moins exposé. Pour le futur, les résultats des simulations suggèrent que contrairement à la période de référence 1976-2005, une tendance à la baisse de la pluviométrie est attendue, mais avec plus d'années humides. En revanche, la température moyenne connaîtra une augmentation sur la période 2006-2050 passant de 28,5 à 30 °C, soit une hausse d'environ de 1 °C en 44 ans.

Les résultats des simulations révèlent qu'à l'horizon 2035, les changements climatiques auront un impact sur la production du maïs avec des diminutions de rendements pouvant aller jusqu'à 18 pour cent à Kolda, 22 pour cent à Médina Yoro Foulah et 26 pour cent à Vélingara selon le scénario RCP4.5. Une légère différence de réduction des rendements est notée avec le scénario RCP8.5 mais avec les mêmes tendances. À l'horizon 2050, cette baisse sera plus accentuée et atteindra 22 pour cent à Kolda, 27 pour cent à Médina Yoro Foulah et 34 pour cent à Vélingara selon le scénario RCP4.5. Pour le même horizon, la réduction sera plus importante allant jusqu'à 29 pour cent à Kolda, 30 pour cent à Médina Yoro Foulah cependant 32 pour cent à Vélingara selon le scénario RCP8.5.

À l'horizon 2035, les rendements du riz suivront également une tendance à la baisse avec une chute drastique des rendements de riz pluvial à Kolda allant jusqu'à 50 pour cent, par contre 13 pour cent à Médina Yoro Foulah et 25 pour cent à Vélingara selon le scénario RCP4.5. Une légère différence de réduction des rendements est notée avec le scénario RCP8.5 mais avec les mêmes tendances. Une réduction plus importante est attendue à l'horizon 2050 avec 57 pour cent à Kolda, 19 pour cent à Médina Yoro Foulah et 32 pour cent à Vélingara selon le scénario RCP4.5. Une réduction moins importante est attendue avec le scénario RCP8.5.

La diversité de ces impacts montre bien la variabilité importante des paramètres climatiques en fonction du scénario choisi, qui est liée à l'incertitude autour des modèles. Les conséquences au niveau socio-économique seront importantes et selon le scénario RCP4.5 le département de Kolda serait plus vulnérable aux changements climatiques. Par contre les communes de Vélingara seraient plus exposées selon le scénario RCP 8.5. Pour une adaptation de l'agriculture aux changements climatiques, des mesures d'adaptation adaptées aux contraintes de la zone sont nécessaires. Parmi les options prioritaires identifiées, nous proposons des options politiques et communautaires portant notamment sur i) la transformation agroalimentaire, ii) la maîtrise de l'eau et promotion de l'irrigation locale, iii) l'adaptation des semences, iv) la gestion intégrée et durable des terres, v) la promotion de l'utilisation de l'information climatique vi) la gouvernance, vii) la promotion de l'assurance agricole, et viii) la gestion concertée des ressources naturelles. Ces options nécessitent un appui institutionnel des autorités nationales ou locales car leur mise en œuvre demande des moyens techniques et financiers important et une expertise dans les secteurs concernés.

Introduction



©ISRA

Contexte

Les répercussions des changements climatiques sont multiples: elles provoquent de plus en plus de catastrophes naturelles, impactant les écosystèmes et les moyens de subsistance des populations qui en dépendent, et pourraient entraîner de nombreux bouleversements à l'échelle planétaire.

Alors qu'elle est un des secteurs les plus exposés aux changements climatiques, l'agriculture peut également apporter une contribution significative à la lutte contre leurs effets. Une agriculture adaptée est essentielle à la sécurité alimentaire, la nutrition, et l'éradication de la pauvreté, en particulier en milieu rural. Ce secteur joue un rôle prédominant dans l'atténuation des changements climatiques, ainsi que dans l'adaptation des écosystèmes à leurs effets. Cet important potentiel est notamment reconnu par le Programme de développement durable horizon 2030, et par l'Accord de Paris sur le climat adopté en 2015, et la Deuxième conférence internationale sur la nutrition (ICN2), lesquels militent pour une transformation profonde de nos systèmes agro-alimentaires, tout comme de nos moyens d'intervention à travers une approche holistique.

Le Sénégal comme la plupart des pays sahéliens fait face à de nombreux défis pour augmenter sa production agricole et assurer sa sécurité alimentaire (CDN, 2017). Parmi ces défis figurent les effets des changements climatiques mais aussi des facteurs comme la démographie croissante, les moyens de production et les infrastructures adéquates limités, ainsi que la dégradation et la baisse de la fertilité des sols. Les impacts des changements climatiques sur l'agriculture pourraient être à l'origine d'une perte de référentiel technique traditionnel d'où la nécessité de mettre en place des politiques d'adaptation et de planification efficaces. Cet impératif d'adaptation est bien pris en compte dans les politiques nationales notamment le Plan Sénégal émergent (PSE), cadre de référence de la politique économique et sociale du Sénégal à l'horizon 2035. Le PSE définit une vision ambitieuse du bien-être économique, déclinée en une stratégie décennale et des plans d'actions prioritaires sur cinq ans (PAP II 2019-2023). En outre, l'adoption de la Politique du secteur de l'environnement et du développement durable, la lettre politique du secteur de l'agriculture, la Politique nationale de développement de la nutrition, la stratégie nationale du développement durable et la Contribution déterminée au niveau national (CDN) constituent des outils essentiels pour une gestion durable de l'environnement et des impacts des changements climatiques sur la sécurité alimentaire et la nutrition.

Le Sénégal s'est lancé depuis 2015, à l'instar d'autres pays, dans l'élaboration de Plan national d'adaptation (PNA)¹, afin d'intégrer l'adaptation aux changements climatiques dans les processus de planification et de budgétisation des projets et programmes. L'approche utilisée pour le processus PNA consiste à réaliser une planification basée sur des évidences scientifiques. En effet, l'évaluation de l'impact des changements climatiques et la planification de l'adaptation doivent tenir compte des conditions locales, des risques, des ressources naturelles disponibles et du contexte socio-économique pour déterminer la vulnérabilité. À ce titre, des études de vulnérabilité sont menées au niveau national pour déterminer les options d'adaptation à intégrer dans le PNA global à partir de la compilation des différents PNA sectoriels.

C'est dans ce cadre que l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) et le Gouvernement du Québec, en collaboration avec le Gouvernement du Sénégal, ont mis en œuvre un projet de collaboration multi-acteurs de renforcement des capacités de planification de l'adaptation intitulé «**Sécurité alimentaire: une agriculture adaptée SAGA**»². L'objectif principal de ce projet est de renforcer la résilience des secteurs agricoles face aux changements climatiques pour la sécurité alimentaire et la nutrition de deux pays francophones – Haïti et le Sénégal, sur la période 2019-2022. À travers sa composante 1, le projet SAGA a notamment pour objectif d'appuyer le Gouvernement du Sénégal dans l'acquisition de connaissances et de données sur la vulnérabilité du secteur agricole dans la zone des Niayes (Dakar, Thiès, Louga) et la région de Kolda.

Ces études sont réalisées par l'Institut sénégalais de recherches agricoles (ISRA) en collaboration avec le consortium de recherche sur l'agriculture mis en place dans le cadre du Projet d'appui scientifique au plan national d'adaptation (PAS-PNA)³. Elles ont été réalisées en capitalisant sur la démarche scientifique adoptée lors des études de vulnérabilité développées dans le cadre du PAS-PNA au Sénégal. Cette démarche décrite sous forme de guide⁴ fournit une description pratique des différentes étapes d'une étude de vulnérabilité, la base scientifique ainsi que les principes d'inclusion et de collaboration avec les différentes parties prenantes. Pour mener à bien ces études, l'ISRA est appuyé par le consortium agriculture dans la démarche scientifique à suivre et la validation des résultats.

L'objectif général de l'étude vise à évaluer la vulnérabilité aux changements climatiques du secteur agricole dans la région de Kolda et d'identifier des options d'adaptation prioritaires en vue de proposer un plan d'adaptation aux

¹ Pour plus d'informations sur le processus d'élaboration des PNA: Ndour, N.Y.B., Laval, E., Mbodj, A., Diène, M.N., Sarr, M., Langston Diagne, M., Bernoux, M. 2020. État des lieux pour le processus d'élaboration du Plan national d'adaptation pour le secteur de l'agriculture au Sénégal. Rome, FAO. doi.org/10.4060/cb0297fr

² Pour plus d'information sur le projet SAGA: www.fao.org/in-action/saga/fr

³ Pour plus d'information sur les résultats de PAS-PNA: www.climateanalytics.org/publications

⁴ climateanalytics.org/media/pas-pna_guide_bonnes_pratiques_pour_conduite_d_tudes_de_vuln_rabilit.pdf



changements climatiques pour la région et de contribuer à l'élaboration du PNA pour le secteur de l'agriculture.

Plus spécifiquement, il s'agit:

- d'identifier les facteurs qui rendent actuellement le secteur agricole vulnérable à la variabilité climatique;
- d'identifier les impacts potentiels et la vulnérabilité future du secteur face aux changements climatiques (augmentation des températures, changement dans la distribution de la pluviométrie, vague de chaleur, etc.);
- d'identifier et prioriser les options d'adaptation qui puissent rendre les systèmes de culture et la population qui en dépend plus résilients aux impacts des changements climatiques et décliner un plan d'adaptation pour la zone d'étude.

1. Périmètre de l'étude de vulnérabilité: région de Kolda



CLIMAT, SOL ET VÉGÉTATION

La région de Kolda (ou Fouladou) en haute Casamance fait partie de la zone agro-écologique de la Casamance. Située entre 12°20 et 13°40 latitude nord et entre 13° et 16° longitude ouest, Kolda couvre une superficie de 13 721 km², soit 7 pour cent du territoire national. Géographiquement, elle est limitée au nord par la Gambie, au sud par les deux Guinées (Bissau et Conakry), à l'est par la région de Tambacounda et à l'ouest par la région de Sédhiou (figure 1). Elle est composée de trois départements: Kolda, Vélingara et Medina Yoro Foulah. En termes de superficie, Vélingara est le département le plus vaste couvrant 40 pour cent du territoire de la région. Il est suivi par le département de Médina Yoro Foula avec 34 pour cent de la superficie de la région et enfin par le département Kolda couvrant les 26 pour cent restants (ANSD, 2020).

La région de Kolda est marquée par un climat soudanien, un des climats les plus humides du pays. La pluviométrie y est très irrégulière, variant entre 600 et 1 600 mm pour une moyenne annuelle de 1 000 mm et la température moyenne oscille entre 25 et 32 °C. La saison des pluies est relativement courte sur 4 à 5 mois (juin-octobre) alors que la saison



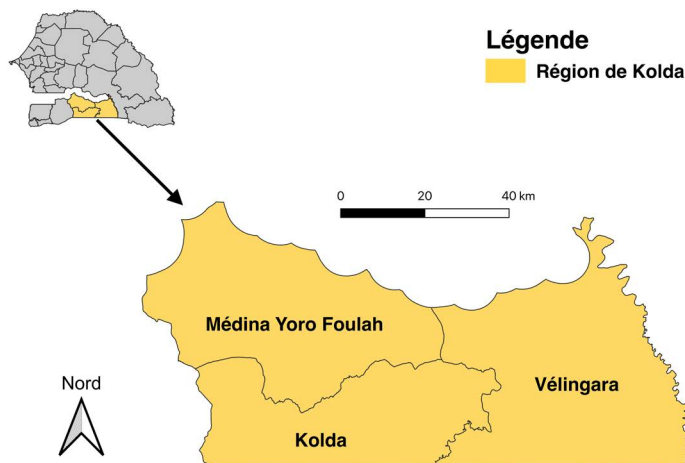
sèche est longue sur sept à huit mois (novembre-mai). Cette dernière est subdivisée en saison sèche froide (SSF) et en saison sèche chaude (SSC). Les températures sont en baisse entre les mois de novembre et de février, correspondant à la SSF. Elles sont élevées durant la période allant de mars à mai, correspondant à la SSC, période au cours de laquelle, l'Harmattan (vent chaud et sec) domine dans la zone. La période de juin à octobre, correspond à la saison des pluies avec une intensité maximale sur la période août-septembre. Pendant cette période, les températures diminuent sous l'influence des pluies (Ndiaye, 2020).

La zone présente un relief plat et peu élevé qui dispose d'une gamme variée de sols. On y retrouve, généralement, des sols ferrugineux tropicaux et ferralitiques. Ils sont communément appelés sols «deck» et couvrent la majeure partie de la région. Ils sont aptes à la culture des céréales et de l'arachide.

Les barrages de Niandouba et de l'Anambé font que la zone dispose de l'eau douce durant toute l'année. Par ailleurs, les eaux de pluie alimentent les nappes superficielles des aquifères du Continental terminal, du Miocène (50 et 150 m de profondeur) et du Quaternaire. La nappe du Maestrichtien est accessible à moins de 160 m au centre-sud et au sud-est de Kolda.

La région de Kolda se caractérise par une grande variabilité des précipitations d'une année à une autre avec une alternance de périodes humides et de périodes sèches. En période sèche, les apports d'eau peuvent être inférieurs jusqu'à 30 pour cent de la moyenne (PROCAS, 2014). Cette instabilité climatique, particulièrement due à la variabilité pluviométrique, a une forte incidence sur la production agricole à cause du système de production qui dépend en majorité de la pluie. À l'instar des autres zones climatiques du Sénégal, la tendance de la pluviométrie est à la baisse et la zone sud-ouest du pays où se situe la région de Kolda serait la plus touchée avec des baisses allant entre 141 et 154 mm sur toute la saison (Diouck et Kane, 2016) ce qui aura des conséquences majeures sur la production agricole. Quant à la température, la tendance générale est à la hausse dans la région avec une augmentation moyenne de 1,4 à 1,6 °C (données de l'Agence nationale de l'aviation civile et de la météorologie (ANACIM), 2015).

Figure 1. Carte de la région de Kolda



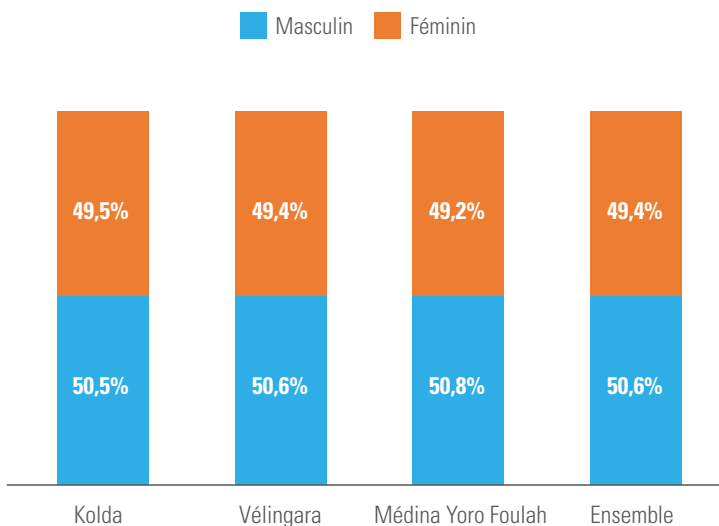
Les frontières et les noms et autres appellations qui figurent sur cette carte n'impliquent de la part de la FAO aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, villes ou zones ou de leurs autorisés, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites.

Source: Agence nationale de l'aménagement du territoire, 2008. Carte modifiée pour se conformer aux standards UN GIS.

SITUATION SOCIODÉMOGRAPHIQUE ET SÉCURITÉ ALIMENTAIRE

Sur le plan démographique, la région de Kolda comptait 772 073 habitants en 2018 (ANSD, projections démographiques), soit 4,9 pour cent de la population sénégalaise. La pyramide des âges révèle une population très jeune (figure 2). En effet, en 2018, les personnes âgées de moins de 20 ans révolus représentaient 59,4 pour cent de la population contre 2,8 pour cent pour celles âgées de plus de 65 ans. Parmi les trois départements, Kolda et de Vélingara concentrent l'essentiel de la population de la région (SES Kolda, 2017-2018). En effet, en 2018, le département de Kolda comptait 286 685 habitants et celui de Vélingara 324 447 habitants, soit un total de 611 142 habitants correspondant à 79,2 pour cent de taille de la population de la région. Ainsi, Médina Yoro Foulah demeure le département le moins peuplé de la région avec 160 933 habitants, soit 20,8 pour cent de la population. Le rapport de masculinité tout âge confondu est ressorti en 2018 à 102,1 pour cent. Il indique ainsi l'équivalent homme-femme dans la population fait état 102 hommes pour 100 femmes. Par conséquent, l'effectif des hommes est légèrement supérieur à celui des femmes (ANSD, 2020). Le nombre moyen de naissances pour les femmes de 45-49 ans, ou de descendance finale, est de 5,3 et se rapproche de l'indice synthétique de fécondité actuel (5,1). En comparaison à la moyenne nationale ou aux régions telles que Dakar, Saint-Louis et Thiès, les niveaux de fécondité sont plus élevés dans la région de Kolda. Le taux brut de mortalité dans la région de Kolda est de 12 pour mille. Ce taux est au-dessus de la moyenne nationale (8 pour mille). Pour ce qui est de la prévalence du handicap au niveau de la région de Kolda, elle se situe à 5,7 pour cent (ANSD-RGPHAE, 2014).

Figure 2. Répartition (%) de la population de la région de Kolda par département et par sexe (Source: ANSD-RGPHAE, 2014)



Sur le plan de la sécurité alimentaire, la région de Kolda fait partie des régions les plus exposées à l'insécurité alimentaire avec un taux de 18,5 pour cent contre 7,7 pour cent au niveau national (SECSNA, 2020). Le niveau d'insécurité alimentaire d'un ménage est expliqué par son niveau de résilience, celle-ci étant essentiellement construite sur l'accès aux services sociaux de base et les capacités d'adaptation. Les régions de Kédougou et Kolda constituent les régions les moins résilientes du pays (SECSNA, 2020).



SITUATION SOCIO-ÉCONOMIQUE

Les revenus de l'exploitation ont plusieurs origines du fait de la pluralité des activités. Ces revenus proviennent des activités des membres résidant en permanence au sein de l'exploitation ou d'un parent ayant émigré. L'agriculture demeure l'activité la plus importante dans la génération des revenus, mais les activités extra-agricoles prennent de plus en plus le pas sur celle-ci. En effet, le niveau de revenu moyen annuel d'une exploitation agricole varie: 286 379 francs CFA par an pour les exploitations à revenu total faible (qui représentent 74 pour cent des exploitations); 693 903 francs CFA par an pour les exploitations à revenu total modéré (2 pour cent); 1 382 256 francs CFA par an pour les exploitations à revenu total moyen (16 pour cent) (Sall, 2009). Cette performance est due pour l'essentiel aux activités agricoles vivrières et de rente, notamment celles relatives à la production de coton; avec 3 025 000 francs CFA par an pour les exploitations agricoles à revenu total élevé (8 pour cent). Les grands producteurs d'arachide disposent d'importants matériels de traction animale et de main d'œuvre ainsi que de cheptel bovin. Le mix agriculture/élevage contribue en moyenne à hauteur de 43 pour cent du capital de l'exploitation (Sall, 2009). Les transferts entrants d'argent représentent 19 pour cent du capital de l'exploitation (Sall, 2009). Avec les efforts de modernisation des exploitations et l'importance des superficies des cultures de rente (arachide et coton), les exploitations ont tendance à accéder au crédit. Par exemple, les travaux de Gueye *et al.* (2008) révèlent que, dans le département de Vélingara, 52 pour cent des exploitations agricoles bénéficient de crédit. En effet, les crédits de campagne (court terme) sont les plus importants et intéressent plus de trois quarts des exploitations. Ces crédits sont principalement orientés vers l'acquisition d'intrants agricoles et les facteurs de production et plus particulièrement les semences, les engrais et les herbicides, mais aussi la main d'œuvre et l'alimentation.

SITUATION DE L'AGRICULTURE À KOLDA

Kolda est l'une des régions du Sénégal à dominante agricole avec ses 13 804 km² de terres cultivables et ses nombreuses potentialités végétales et pluviométriques. En effet, en 2013, 79,8 pour cent des ménages en milieu rural et 20,2 pour cent des ménages en milieu urbain s'adonnent à l'activité agricole sans y être salarié (RGPHAE-2013). Au moment du recensement parmi les ménages agricoles dénombrés au Sénégal, 6,8 pour cent résident dans la région de Kolda. L'agriculture pluviale reste la principale grande culture pratiquée dans la région. Le maraîchage est pratiqué par 6 232 ménages soit 12,2 pour cent des ménages agricoles et l'arboriculture fruitière par 1 598 ménages soit 3,1 pour cent des ménages agricoles. Les cultures irriguées hors maraîchage sont pratiquées par 799 ménages. Pour ce qui est de l'activité pastorale au sein de la région de Kolda, elle concerne 29 233 ménages (Sall, 2015).

Deux types d'agriculture coexistent: l'agro-business et l'agriculture familiale, majoritaire dans la région. Dans le premier cas, l'entreprise agricole se caractérise par l'importance des investissements (machine, irrigation), la main d'œuvre principalement salariée, la déconnexion avec la cellule familiale. Alors que, dans le cadre de l'agriculture paysanne qui représente près de 80 pour cent des exploitations en Afrique sub-saharienne et emploie 75 pour cent des actifs, la base de la main-d'œuvre est essentiellement familiale (Sall, 2015).

Dans la région de Kolda, les activités agricoles mobilisent jusqu'à 70 à 80 pour cent des actifs de la région sur une période de quatre à cinq mois dans l'année. L'économie repose essentiellement sur cette activité qui procure des revenus aux producteurs(trices) et joue un rôle prépondérant dans l'alimentation des populations. Ces potentialités favorables à l'agriculture, font de cette région de Kolda un pôle d'attraction des producteurs(trices) venus des autres régions du pays en quête de nouvelles terres plus propices (SESR Kolda, 2017-2018). Par ailleurs, la quasi-totalité des exploitations pratiquent l'agriculture pluviale (97 pour cent). L'agriculture irriguée (hors maraîchage) en période de saison sèche ne représente que 1,8 pour cent devant les cultures de décrue de l'ordre de 1,2 pour cent (ANSD-RGPHAE, 2014). L'agriculture joue un rôle important pour assurer la sécurité alimentaire des exploitations en association avec l'élevage (Sall, 2009).

Les moyens de production d'une exploitation agricole moyenne de la région de Kolda restent toutefois très limités:

- **La main d'œuvre est essentiellement familiale.** La main d'œuvre familiale demeure un des facteurs clés de la production avec une population constituée en moyenne de 17 individus dont 11 actifs. Le recours à une main d'œuvre salariée est surtout orienté vers les cultures de rente ou vers l'élevage à travers les services d'un berger principalement durant l'hivernage. Cette main d'œuvre salariale s'explique par la diminution des jeunes partis à la recherche d'un meilleur environnement de travail ou délocalisés du fait de leurs études. De plus, en fonction des groupes familiaux, les personnes peuvent se regrouper pour s'entraider, à tour de rôle, dans les activités agricoles mais cette pratique a tendance à diminuer.
- **Les régimes fonciers restent majoritairement traditionnels.** Les ressources foncières appartiennent ou sont sous la responsabilité du chef d'exploitation qui en est le principal gestionnaire. L'héritage est la principale voie d'acquisition mais l'extension des terres cultivables se fait aussi au dépend de la forêt par des défriches. Les terres sont utilisées pour la production agricole et sont réparties aux différents membres de l'exploitation en fonction des objectifs de la famille sous la supervision du chef d'exploitation. La majorité des exploitations familiales (75 pour cent) ont une superficie agricole utile moyenne (SAU) qui varie entre 1 et 5 ha (ANSD-RGPHAE, 2014). La part la plus importante de ces terres est destinée aux cultures vivrières (les céréales) pour assurer les besoins de subsistance et les travaux sont faits en commun au niveau des champs collectifs. Des champs individuels sont mis à la disposition des dépendants ou des femmes. Ces femmes, bien que participant aux opérations culturales des parcelles principales, disposent donc de leurs propres parcelles et pratiquent la riziculture, le maraîchage, l'élevage des petits ruminants et l'aviculture traditionnelle. Les revenus issus de ces activités leur sont généralement dévolus mais peuvent être utilisés pour le bien-être du ménage lorsque l'activité engendre des revenus importants.
- **Le matériel agricole est souvent vétuste et en nombre réduit.** L'équipement agricole est constitué de matériels à traction animale pour le travail du sol et le semis (houe sine, houe occidentale, semoir, charrue), de même que pour le transport (charrette). Les trois quarts de ce matériel sont de fabrication industrielle et le reste provient de l'artisanat local (Guèye *et al.*, 2008). Ce matériel est caractérisé par une grande vétusté et les exploitations font face à un manque en équipements. En effet, une exploitation agricole détient en moyenne: un semoir, une houe sine, une charrue, une charrette.
- **Les systèmes de cultures dépendent largement de la pluviométrie.** Les différents types de cultures pratiquées dans la région sont les cultures céréalières, les cultures de rentes, et l'horticulture. Les céréales produites dans la zone sont le mil, le maïs, le riz, le sorgho et le fonio. Les cultures de rentes concernent l'arachide, le coton et le sésame. Parmi les fruits et légumes exploités dans la zone, on peut noter l'anacardier, le manguier, le maad (*Saba senegalensis*), l'oranger, le citronnier, le gombo, le piment, l'aubergine, l'oignon, etc. Si plusieurs systèmes de cultures sont présents dans la région, les spéculations les plus en vue sont le mil, l'arachide et le niébé, essentiellement tributaires de la pluie.

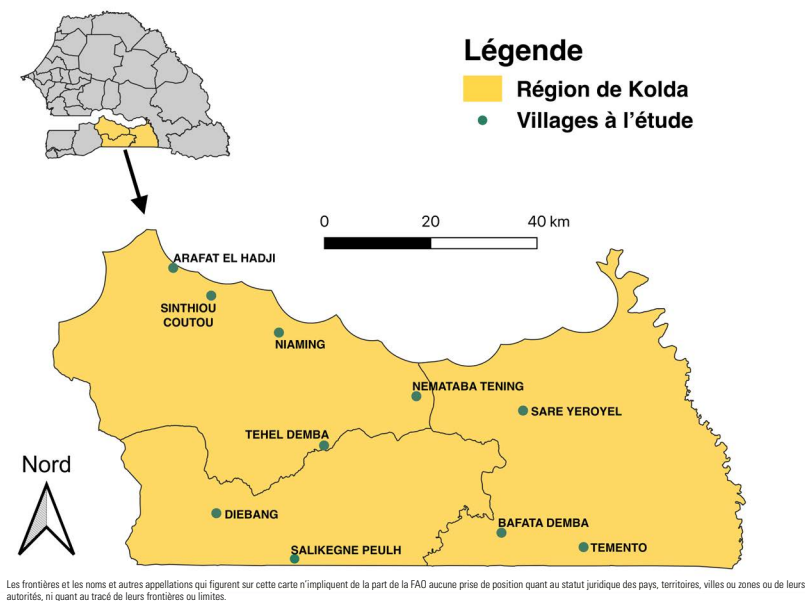
Au niveau de la gouvernance locale, l'agriculture dans la zone est essentiellement gérée par les services techniques déconcentrés de l'État comme la Direction régionale du développement rural (DRDR), le Service départemental du développement rural (SDDR), les représentants de l'Agence nationale de conseil agricole et rural (ANCAR), de l'Institut national de pédologie (INP), de l'ISRA, de la météo et du Bureau régional de sécurité alimentaire (BRSA). Ces différentes structures sont appuyées par des acteurs des organisations non gouvernementales (ONG) locales, des projets et programmes, et des organisations de producteurs (coopératives, organisations communautaires de base, associations, groupements, etc.).

ZONES D'ÉTUDES SPÉCIFIQUES

Lors de l'atelier de lancement des activités de l'étude de vulnérabilité à Kolda, le consortium agriculture de concert avec les autorités locales ont opté pour couvrir les trois départements de la région soit Kolda, Vélingara et Médina Yoro Foulah. Dans chacun des trois départements, des vallées ont aussi été ciblées par le consortium comme sites d'étude. Enfin, dans

chaque vallée, un à quatre villages ont été sélectionnés sur proposition de personnes ressources (maires, services techniques, producteurs(trices), etc.) pour y dérouler l'étude. Au total, 10 villages ont été retenus pour les trois départements (figure 3, tableau 1).

Figure 3. Distribution géographique des sites d'étude dans la région de Kolda



Source: Agence nationale de l'aménagement du territoire, 2008. Carte modifiée pour se conformer aux standards UN GIS.

Tableau 1. Les sites d'étude dans les trois départements avec les vallées correspondantes

Département	Arrondissement	Commune	Vallée	Village
Kolda	Dioulacolon	Salikégné	Mamboua	Salikégné
	Dioulacolon	Dioulacolon	Dioulacolon	Diébang
Médina Yoro Foulah	Fafacourou	Fafacourou	Mamacounda	Téhel Demba
	Niaming	Médina Yoro Foulah	Sofaniama	Néma Taba
	Niaming	Pata	Sofaniama	Sinthiou Coutou
	Niaming	Niaming	Sofaniama	Niaming
Vélingara	Niaming	Kéréwane	Sofaniama	Arafate
	Pakour	Paroumba	Paroumba	Témento
	Pakour	Wassadou	Saré Wogna	Bafata Demba
	Saré Coly Sallé	Saré Coly Sallé	Djimara	Saré Yéroeyel

SPÉCULATIONS CIBLÉES ET LEUR PLACE DANS LES EXPLOITATIONS AGRICOLES

À l'issue de la concertation avec les autorités locales, le consortium agriculture a retenu deux spéculations phares parmi les grandes cultures dans la zone: le maïs et le riz. En effet, ces deux cultures constituent l'essentiel des cultures vivrières de la région. Au titre de la campagne 2018/2019, la production rizicole et celle de maïs représentaient respectivement 66 pour cent et 17,5 pour cent de la production des cultures vivrières (ANSD, 2020).

Le maïs

Il s'agit de la troisième céréale la plus cultivée au Sénégal derrière le mil et le riz en termes de superficie emblavée. La production moyenne du maïs au Sénégal avoisine les 120 000 tonnes par an (PAM, 2014). Sa part dans la production de céréales au niveau national est toutefois faible, elle est de 17 pour cent de la production en 2013. Les importations annuelles moyennes avoisinent les 104 000 tonnes et leur volume varie selon le niveau de production locale de céréales (PAM, 2014).

Après le mil et le fonio, le maïs est la céréale la plus présente dans les exploitations familiales de la région de Kolda. Sa part dans la SAU totale d'une exploitation est de 7 pour cent en moyenne. Il occupe 22 pour cent de la SAU allouée aux céréales (mil, sorgho, maïs, riz, fonio) (Gueye *et al.*, 2008). Les cultures traditionnelles de maïs dans la région se pratiquent autour des concessions selon un cycle variant de 75 à 90 jours, du semis à la maturité. Cette précocité en fait une plante de soudure (ISRA, ITA et CIRAD, 2005; Jacquot, 1966). De nos jours, le maïs est de plus en plus sujet à la commercialisation du fait de la forte demande urbaine (Guèye *et al.*, 2008). Le rendement moyen des exploitations de la région est de l'ordre de 1 t/ha, ce qui se situe loin en-dessous du potentiel (3,5 tonnes/ha) des variétés vulgarisées dans la région. Parmi les facteurs de limitation de cette production, il faut citer la sécheresse et la faible fertilité des sols, mais aussi le manque de variétés adaptées aux conditions pédoclimatiques, les problèmes liés à la protection phytosanitaire, la vétusté du matériel et l'absence de maîtrise de techniques culturales appropriées et accessibles aux agriculteurs(trices) (ISRA, ITA et CIRAD, 2005).

Le riz

Le riz est la céréale la plus consommée au Sénégal. Il représente 34 pour cent du volume de la consommation céréalière mais la production nationale ne couvre que 20 à 30 pour cent de la demande, ce qui fait que les importations sont importantes, de l'ordre 800 000 tonnes par an (ANSD, 2015). Le riz est la céréale dont la superficie emblavée est la plus importante dans les exploitations agricoles de la région de Kolda. En 2018, le riz représentait plus de 49 pour cent de la superficie emblavée en céréales (mil, sorgho, maïs, riz, fonio) (ANSD, 2020). La production est essentiellement destinée à l'autoconsommation. Le rendement moyen chez les agriculteurs(trices) est de 2,87 tonnes/ha (ANSD, 2020) alors que le potentiel des variétés est compris entre 3 et 3,5 tonnes/ha (Villar et Dia, 2019). Parmi les facteurs limitants, il faut citer:

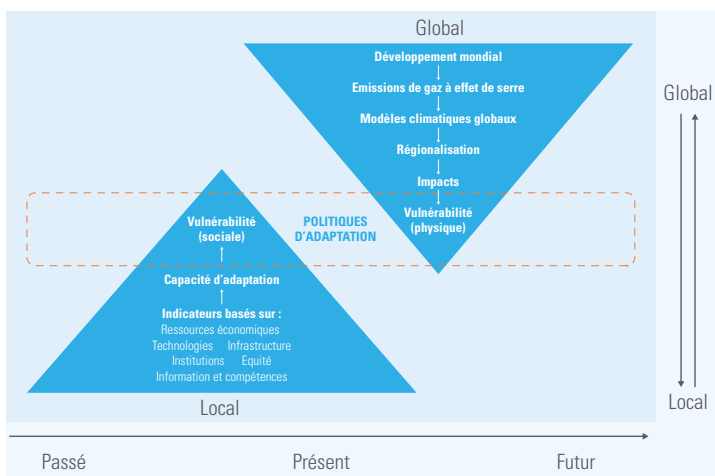
- les contraintes climatiques liées à la sécheresse, aux températures extrêmes et aux vents chauds et secs chargés de sable (Harmattan);
- des contraintes édaphiques liées à la nature des sols (faible teneur en argile), à la salinité, à l'acidité, aux carences en éléments nutritifs assimilables par les plantes et à la toxicité d'éléments en excès sont aussi notées;
- des contraintes d'ordre biotique liées aux parasites, aux maladies, aux adventices;
- des contraintes techniques liées au non-respect des itinéraires techniques, à la faible technicité des producteurs, à la qualité des semences produites par les agriculteurs, à la vétusté et à l'insuffisance du matériel agricole et des équipements de transformation;
- des contraintes socio-économiques et financières liées à la commercialisation, au manque de crédits d'investissement pour le renouvellement du matériel agricole;
- l'absence de subvention et le coût élevé des facteurs de production, la réduction de la main d'œuvre, l'inaccessibilité des intrants, la salinisation et l'ensablement des vallées (ISRA, ITA et CIRAD, 2005).

2. Approche générale de l'étude de vulnérabilité



Les études de vulnérabilité sont faites à travers une méthodologie intégrée avec une approche globale qui permet d'évaluer la vulnérabilité biophysique et une approche locale qui étudie la vulnérabilité socio-économique (plus de détails sur l'[annexe 1](#)). Par ailleurs, compte tenu de l'objectif général de cette étude de vulnérabilité, l'approche locale basée sur l'évaluation de l'impact des facteurs sociaux et économiques a été combinée à l'approche globale basée sur les résultats issus de l'évaluation des impacts des facteurs biophysiques particulièrement la modélisation du climat et les projections futures ([figure 4](#)).

Figure 4. Approche combinée (locale et globale) pour gérer les impacts des changements climatiques (adapté de Dessai and Hulme (2004))



Les conditions sont réunies pour appliquer ce type d'approches car des partenariats directs sont mis en place à travers le consortium agriculture et entre les parties prenantes.

- L'approche participative a été appliquée pour l'étude de la vulnérabilité actuelle et passée et repose sur l'implication des communautés locales à travers l'application d'une méthodologie principalement qualitative. Les données ont été recueillies grâce à des exercices participatifs, principalement des interviews et focus groups (fiche des enquêtes en [annexe 5](#)). Elles ont permis d'avoir des informations sur les caractéristiques de l'agriculture et la dynamique socio-environnementale de la zone d'étude. La méthodologie d'enquête a consisté en une collecte de données auprès des ménages sur la base d'un questionnaire comportant des sections sur le profil des ménages, la perception des populations des changements climatiques, la vulnérabilité du secteur agricole et les stratégies d'adaptation. Un total de 150 questionnaires a été administré dans les trois départements soit 56 femmes et 94 hommes.
- L'approche globale basée sur la modélisation climatique a servi à évaluer les impacts futurs des changements climatiques avec un focus sur les effets biophysiques. Cette étape repose sur l'utilisation de modèles climatiques (globaux ou régionaux) et de modèles de simulation de la croissance de cultures. Une descente d'échelle (downscaling en anglais) a été effectuée sur chacune des trois zones d'étude de Kolda, Vélingara et Médina Yoro Foulah pour créer des séries temporelles de variables climatiques à l'échelle locale. L'impact des variations climatiques sur l'agriculture a été évalué à l'aide de modélisations des cultures avec des modèles d'impacts adaptés aux conditions climatiques du Sahel. Ces modèles ont permis de faire des projections sur la vulnérabilité future de l'agriculture particulièrement dans les deux sites d'étude respectifs.

En somme, l'approche locale a permis d'évaluer la vulnérabilité à la variabilité climatique alors que l'approche globale a mis l'accent sur la vulnérabilité aux changements climatiques futurs ([tableau 2](#)). La synthèse des résultats a permis d'élaborer des scénarios participatifs de développement socio-économique pour les sites d'étude. Plus de détails sur la démarche méthodologique sont disponibles à l'[annexe 1](#).

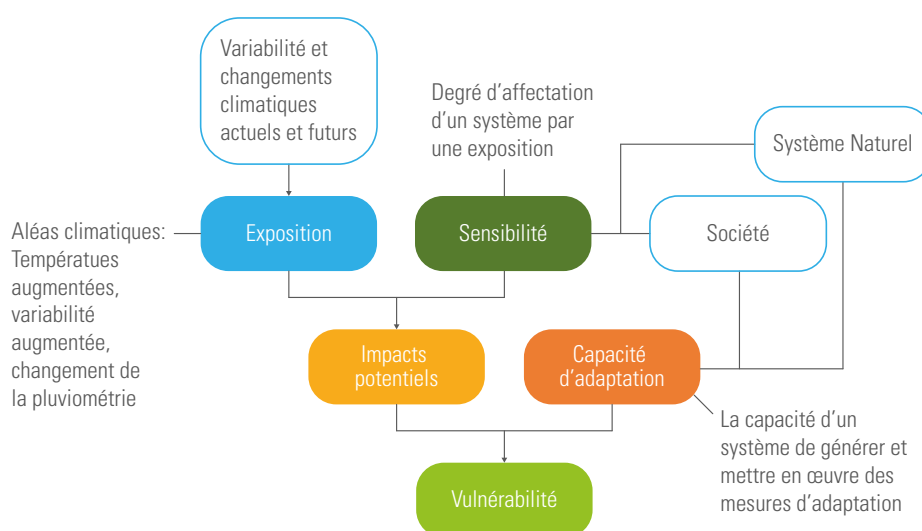
Tableau 2. Déterminants actuels et futurs de la vulnérabilité à la variabilité climatique et aux changements climatiques

	Facteurs biophysiques	Facteurs sociaux	
Situation actuelle	Variabilité climatique Surfaces cultivables Évaluation des performances agronomiques	Capital social Éducation Économie Pauvreté	Vulnérabilité à la variabilité climatique
Changement futur	Changement au niveau des: Températures Précipitations Évolution des rendements	Changements dans les systèmes de valeurs Changements dans les pratiques agricoles	Vulnérabilité aux changements climatiques

DÉFINITION D'UNE CHAÎNE D'IMPACT DE LA VULNÉRABILITÉ

Pour définir la chaîne d'impact relative au secteur agricole dans les zones d'études, il faut d'abord identifier les impacts potentiels des changements climatiques sur les unités ou sous-unités d'exposition (systèmes de production, environnement social, etc.). Ensuite, il faut déterminer le degré d'exposition en évaluant les signaux climatiques auxquels l'agriculture est exposée i.e. les risques/aléas/chocs auxquels le secteur agricole est exposé. Cela sera suivi par l'évaluation du degré de la sensibilité ciblant les caractéristiques qui rendent l'agriculture sensible à l'évolution des conditions climatiques. Enfin une revue des capacités d'adaptation du système qui se rapportent à la capacité de la communauté à combiner les différentes formes de capital dont elle dispose, à savoir le capital naturel, le capital humain, le capital économique et le capital social peut être réalisée.

Figure 5. Chaîne d'impacts selon le quatrième rapport d'évaluation du GIEC (AR4) (Source: GIZ, 2015)



L'exposition

Parmi tous les éléments qui contribuent à la vulnérabilité, l'exposition est la seule qui soit directement liée aux paramètres climatiques (GIZ, 2015). L'exposition est expliquée par différents facteurs directs facilement mesurables, comme les températures et les précipitations et des facteurs indirects plus complexes comme l'évapotranspiration. L'évaluation de l'exposition passée repose principalement sur la variabilité climatique et consiste à évaluer les tendances climatiques passées, la variabilité inter et intra-annuelle du climat, les aléas et les extrêmes enregistrés dans la zone étudiée pour fournir des informations sur l'exposition actuelle de la région concernée (Noblet et D'haen, 2019). Selon McCarthy *et al.* (2001), l'exposition fait référence à la nature et le degré auquel un système est exposé à des variations climatiques significatives.

La sensibilité

Elle fait référence au degré auquel un système est affecté, de manière négative ou bénéfique, par des stimuli liés aux changements climatiques (GIZ, 2014). L'effet ou l'impact peut être direct (ex. changement du rendement des cultures en réponse à un changement de la moyenne, de la gamme ou de la variabilité de la température) ou indirect (ex. dommages causés par l'avancée de la mer) (McCarthy *et al.*, 2001). Les facteurs de sensibilité peuvent être abordés de la même façon que l'exposition. La principale question à laquelle il faut répondre est: quelles sont les caractéristiques du système agricole qui le rendent sensible aux effets néfastes des changements climatiques identifiés dans l'étape précédente?

La capacité d'adaptation

Le terme capacité d'adaptation peut se définir comme étant la capacité d'un système à modifier ses caractéristiques ou son comportement afin de mieux faire face aux effets des changements externes (Füssel et Klein, 2006). Cette étape évalue la capacité du système socio-écologique étudié à réagir et à s'adapter aux changements climatiques. Il s'agit d'évaluer comment le système s'est adapté ou s'adapte aux variabilités et aux extrêmes climatiques passés et actuels. Autrement dit, quelles sont les capacités et les ressources à l'intérieur du système qui permettront de lutter contre les impacts des changements climatiques? Répondre à cette question revient à prendre en compte les quatre dimensions de la capacité d'adaptation (**Savoir**: l'existence de savoir ou d'expertise pouvant favoriser l'adaptation. **Technologie**: les options techniques disponibles et financièrement abordables pouvant améliorer la capacité d'adaptation. **Institutions**: comment l'environnement institutionnel peut-il contribuer à la capacité d'adaptation. **Économie**: quelles ressources économiques et financières sont-elles disponibles pour renforcer la capacité d'adaptation et mettre en œuvre des mesures d'adaptation) (GIZ, 2015). Apporter des réponses stratégiques aux changements climatiques consiste notamment à étudier les risques afférents au climat ainsi que les risques et les avantages connexes des mesures d'adaptation (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), 2014).

LES LIMITES DE L'ÉTUDE

Comme dans tout travail scientifique, cette étude est caractérisée par un certain nombre de limites malgré la qualité des résultats. Parmi les limites nous pouvons citer:

- la faible représentativité des données socio-économique recueillies sur dix villages (sur 1 589 villages officiellement répartis dans 40 collectivités territoriales) et qui rend difficile l'appréciation des profils économiques, agricoles et environnementaux des ménages;
- la sélection des indicateurs des différentes composantes de la vulnérabilité qui dépendent d'un certain nombre de critères et des jugements de valeur suivant les connaissances sur la zone de l'étude;
- l'accès aux données climatiques et agricoles de qualité;
- les incertitudes liées aux modèles climatiques et des cultures.

3. Résultats



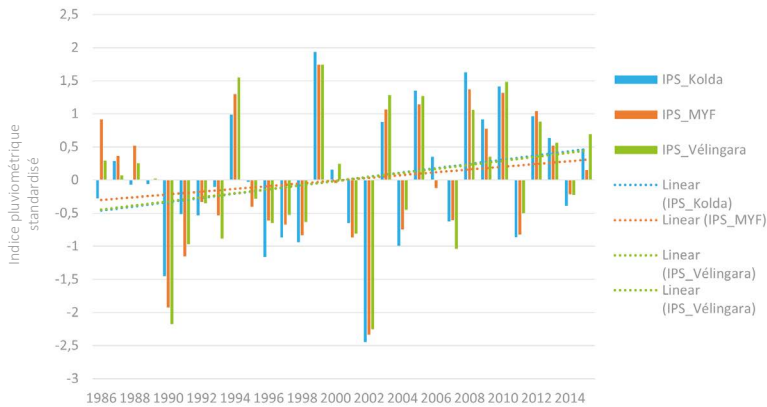
ÉVALUATION DE LA VULNÉRABILITÉ ACTUELLE

Exposition actuelle

Analyse des facteurs biophysiques

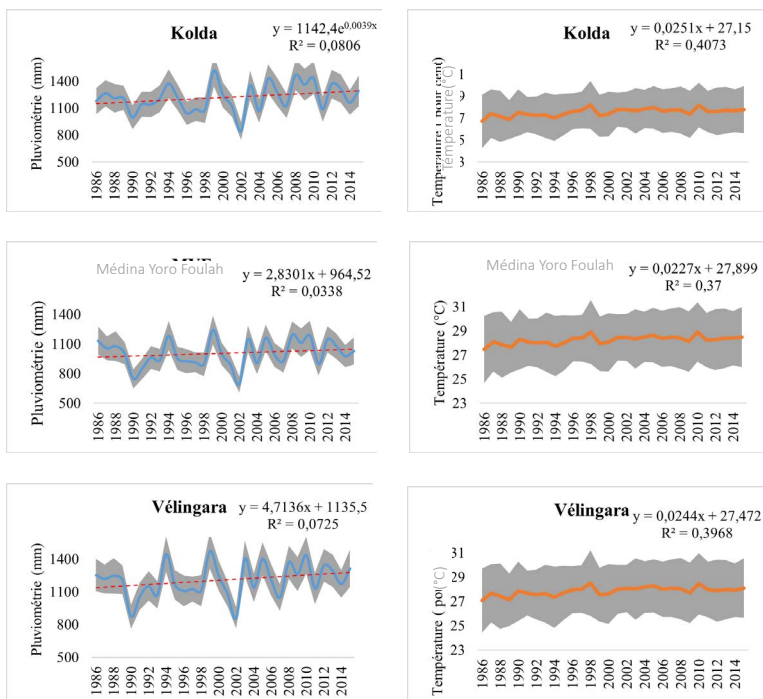
Les résultats montrent une importante variabilité interannuelle de la pluviométrie historique, quel que soit le site d'étude. L'analyse de la pluviométrie à partir de l'indice pluviométrique standardisé (IPS) montre une discordance dans l'évolution de celle-ci. Les années 1986-1989 se révèlent pluvieuses dans les trois sites et la décennie 1990-2000 est déficitaire avec les années 1994 et 1999 qui ont été les plus pluvieuses. L'année 2002 est marquée par une chute considérable du niveau des pluies pendant cette période, entraînant des sécheresses remarquables un peu partout. De 2003 à 2013, une amélioration de la pluviométrie est constatée avec la singularisation de quelques années plus humides telles que 2003, 2005, 2008, 2009, 2010 et 2013 pour toutes les stations.

Figure 6. Indice standardisé des précipitations dans les trois départements



De 1980 à 2015, l'évolution de la pluviométrie de la zone, comme dans la plupart des zones au Sénégal, est marquée par une variabilité interannuelle très forte (figure 7). La pluviométrie varie entre 800 et 1 500 mm à Kolda et à Vélingara et entre 700 et 1 200 mm à Médina Yoro Foulah avec des pics qui dénotent des années de pluviométrie élevée. Une moyenne sur la période considérée de 1 223 mm à Kolda, 1 200 à Vélingara et 1 008 à Médina Yoro Foulah laisse apparaître la différence notable entre les trois départements en termes de pluviométrie.

Figure 7. Évolution entre 1980 et 2015 de la pluviométrie et de la température historique dans les trois sites d'étude (départements de Kolda, Médina Yoro Foulah et Vélingara)



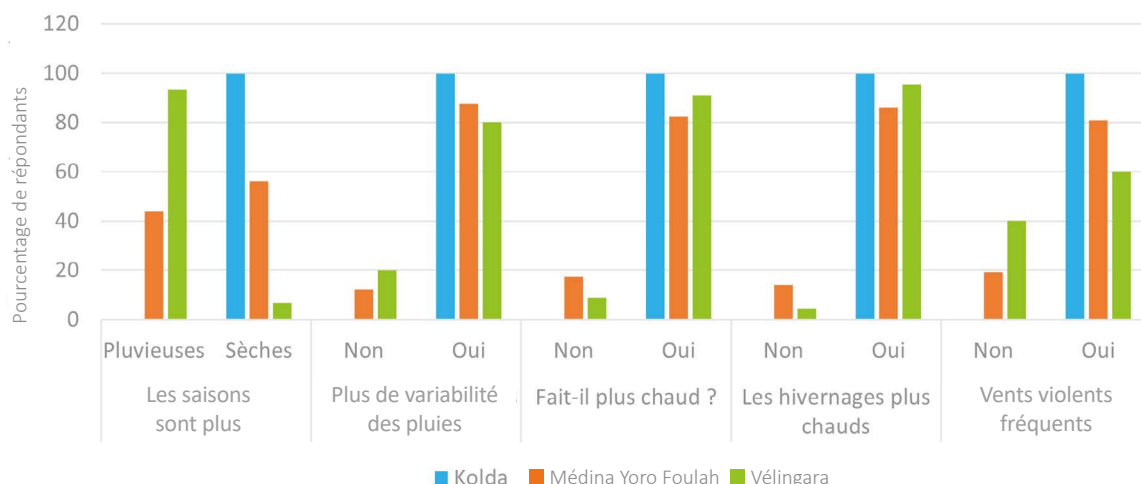


Le même constat a été noté sur la température avec une variabilité interannuelle des températures moyennes et une tendance à la hausse au niveau de Kolda (températures moyennes entre 26-28 °C), Médina Yoro Foulah (27-29 °C) et à Vélingara (27-29 °C). À l'échelle des trois sites une augmentation d'environ 1,5 °C en 30 ans est notée. Le nombre de jours chauds (>40 °C) suit la même tendance et varie entre 40-65 jours à Kolda, 25-50 jours à Médina Yoro Foulah et 50-75 jours à Vélingara avec la plus faible valeur enregistrée en 1992 quel que soit le site.

Analyse des facteurs socio-économiques

Dans les trois départements, les chefs de ménages perçoivent bien la variabilité et les changements climatiques et leurs différents effets sur le secteur de l'agriculture (figure 8). Ainsi à l'échelle régionale 54,3 pour cent des ménages considèrent que les saisons sont de plus en plus sèches, même s'il existe des disparités d'un département à un autre. Cette variabilité spatiale est perçue par 100 pour cent des chefs de ménage à Kolda, 87,7 pour cent à Médina Yoro Foulah et 80 pour cent à Vélingara. Cette même perception est faite sur la température avec des hivers plus chauds de plus en plus chauds perçus par plus de 90 pour cent des ménages dans toutes les zones de l'étude (figure 8).

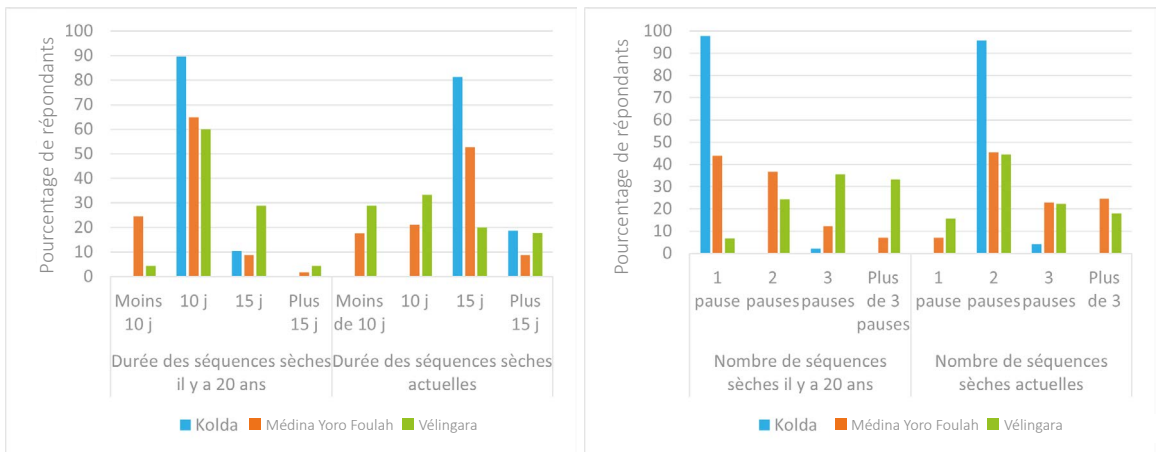
Figure 8. Perception de la variabilité pluviométrique et la température



À l'échelle de la zone d'étude, près de la moitié des chefs de ménage (49 pour cent) considèrent que dans le passé les saisons des pluies étaient marquées par une seule séquence sèche. Cette proportion est plus élevée à Kolda avec 97,9 pour cent des chefs de ménage. Cette séquence avait une durée d'environ 10 jours maximum selon 89,9 pour cent des enquêtées à Kolda, 64 pour cent à Médina Yoro Foulah et 60 pour cent à Vélingara.

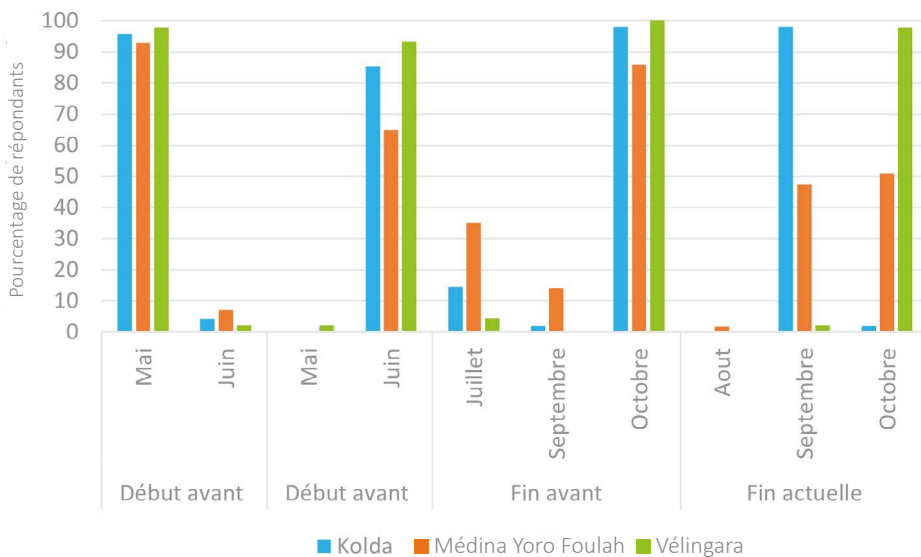
Contrairement aux saisons des pluies il y a 20 ans, celles d'aujourd'hui seraient marquées par au moins deux séquences sèches selon 95,8 pour cent des chefs de ménage à Kolda, 45,6 pour cent à Médina Yoro Foulah et 44,4 pour cent à Vélingara. Ces séquences seraient d'une durée d'environ 15 jours selon 81,3 pour cent des chefs de ménage à Kolda, 50,9 à Médina Yoro Foulah et 20 pour cent à Vélingara.

Figure 9. Nombre et durée des séquences sèches il y a 20 ans et aujourd'hui



Au niveau régional, 95,5 pour cent des chefs de ménages considèrent que la saison des pluies débutait en mai dans le passé, alors que 81,2 pour cent pensent qu'actuellement la saison débute en juin. La fin de cette saison des pluies se trouvait dans le mois d'octobre selon 94 pour cent des chefs de ménage, cependant cette fin de saison est décalée entre septembre (49,2 pour cent) et octobre (50 pour cent) (figure 10).

Figure 10. Dates de début et de fin de la saison des pluies auparavant et actuellement



Les inondations se retrouvent parmi les évènements extrêmes les plus fréquents dans la zone. Celles-ci causent beaucoup de dégâts sur les cultures notamment celui du riz. Ces évènements sont plus notés à Médina Yoro Foulah



(33 pour cent) et à Vélingara (24 pour cent) (figure 11), où ils surviennent souvent en fin de saison. Des vents violents sont également très fréquents précédant les fortes pluies et entraînant des pertes de récolte notamment pour la culture d'arachide.

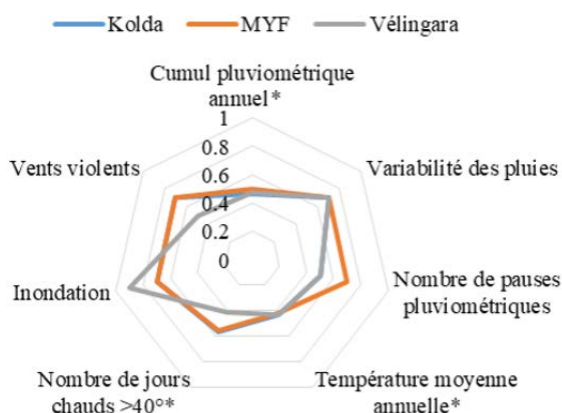
Figure 11. Les évènements extrêmes les plus fréquents dans la zone de Kolda



Calcul des indicateurs d'exposition

Il ressort de la figure 12 que les départements présentent des degrés différents d'exposition aux changements climatiques. Les communes au sud-est de la zone d'étude, notamment celles se trouvant dans les départements de Vélingara, sont moins vulnérables en termes d'exposition car elles présentent les indices les plus faibles. À l'opposé, les communes situées dans la partie nord de la zone d'étude dans le département de Médina Yoro Foulah sont actuellement plus exposées car présentant des indices plus élevés.

Figure 12. Les indicateurs d'exposition des sites d'étude dans la région de Kolda



Les indicateurs avec * ont des valeurs métriques, les autres sont issues de classes catégorielles

MYF: Médina Yoro Foulah

Sensibilité actuelle

Analyse des facteurs biophysiques

Évolution des rendements historiques de maïs et de riz: une variabilité interannuelle des rendements moyens historiques du maïs est observée dans les départements de Kolda et de Vélingara avec une tendance légèrement à la hausse des rendements historiques. Pour le département de Médina Yoro Foulah, les données sur cette période n'étaient pas disponibles, car étant érigé en département en 2008. Une évolution des rendements en dents de scie est tout de même observée dans ce département sur la période 2009-2019. Les rendements moyens en maïs varient entre 500 et 3 000 kg/ha en général, avec une moyenne de 1 300 kg/ha pour les trois sites d'étude (figure 13). Comme pour le maïs, les rendements moyens en riz au niveau des trois sites d'étude présentent une grande variabilité interannuelle, entre 600 et 2 500 kg/ha, avec une moyenne de 1 300 kg/ha (figure 13).

Figure 13. Évolution des rendements historiques de maïs et de riz dans les trois départements de la zone d'étude (Kolda, Médina Yoro Foulah, Vélingara)



Généré à partir des données de la Direction régionale de développement rural (DRDR)

MYF: Médina Yoro Foulah



Tableau 3. Coefficients de corrélation entre le rendement et les paramètres climatiques

Département	Kolda		Vélingara	
	Riz	Maïs	Riz	Maïs
Pluviométrie	0,243	0,404	-0,010*	0,238
Température	0,487	0,424	0,097	0,186

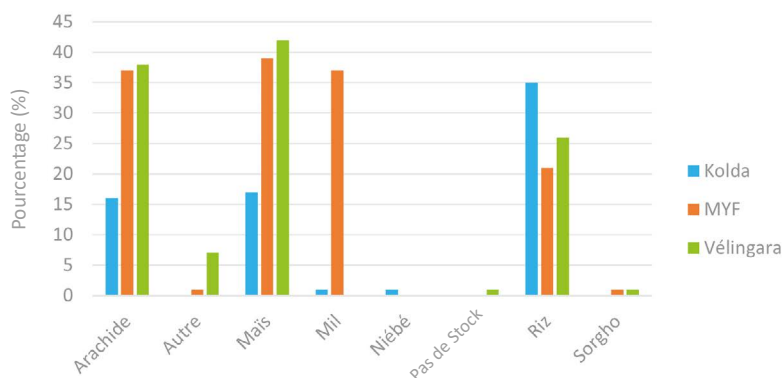
Données générées à partir de la base de données de la DRDR et de l'ANACIM pour les paramètres climatiques. Les valeurs significatives sont indiquées par un astérisque

L'analyse du [tableau 3](#) montre qu'il n'y a pas un lien de corrélation significatif entre les facteurs climatiques et les rendements. Sauf pour le riz à Vélingara qui montre une relation significative entre le rendement et la pluviométrie les coefficients de corrélation sont pour le reste supérieurs au seuil de significativité de 0,05, cela implique que les relations entre les totaux annuels des pluies et la moyenne de la température et les rendements des cultures sont faibles dans la zone de Kolda. En d'autres termes, les totaux annuels pluviométriques ne déterminent pas à eux seuls la faiblesse ou l'importance des rendements agricoles. D'autres facteurs, comme la répartition spatio-temporelle des pluies, influencent l'évolution des rendements. Il est intéressant de signaler que, pour une meilleure production agricole, la régularité des pluies est beaucoup plus importante que la quantité de pluie tombée. Une bonne distribution spatio-temporelle des pluies est un élément essentiel pour la croissance et la productivité des plantes cultivées.

Analyse des facteurs socio-économiques

L'agriculture est pratiquée par la totalité de l'effectif comme principale activité et celle-ci est majoritairement de type pluvial. Les principales spéculations cultivées sont le riz, l'arachide, le maïs, le mil (à cycle long), le sorgho et accessoirement le niébé ([figure 14](#)). Ces résultats corroborent ceux de la situation économique et sociale (ANSD, 2020) de l'ANSD montrant l'arachide (culture de rente), le riz, le maïs local et le niébé comme principales spéculations dominantes dans la région de Kolda. Ces dernières spéculations, au titre de la campagne agricole 2018-2019, ont été également prédominantes dans les dotations de la région en semences. À cet effet, les dotations sont ressorties à 6 322 tonnes pour l'arachide, 3 496,89 tonnes pour le riz, 120 tonnes pour le maïs local et 90 tonnes pour le niébé. Le riz est majoritairement cultivé dans le département de Kolda notamment dans les bas-fonds alors que dans le département de Médina Yoro Foulah et à Vélingara la culture se fait principalement au niveau des plateaux. L'arachide est beaucoup plus cultivée dans les départements de Médina Yoro Foulah et Vélingara, qui est devenu son milieu de culture de prédilection en raison de la migration des isohyètes et du déplacement du bassin arachidier dans cette zone. Comme l'arachide, le maïs est majoritairement cultivé dans ces deux départements. Le maïs est souvent en association avec l'arachide alors que le riz est très souvent cultivé en système exclusif à cause de ses besoins importants en eau.

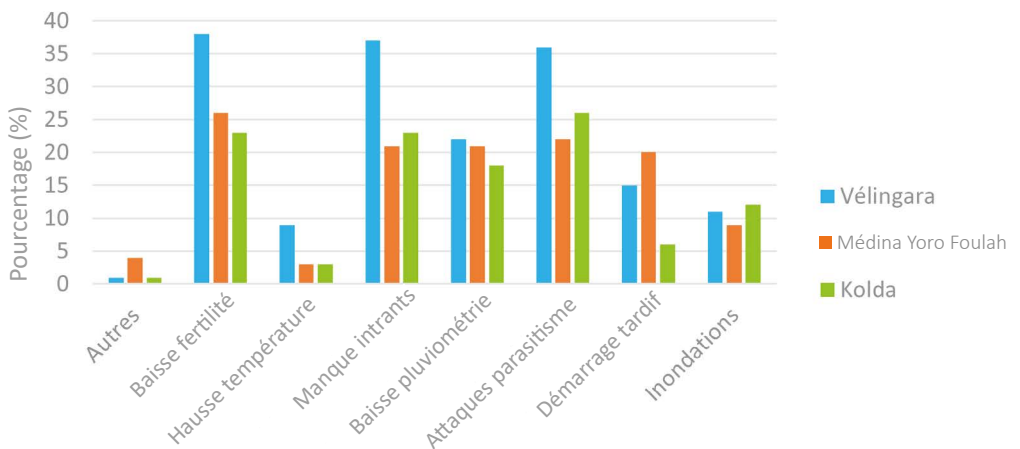
Figure 14. Les différents types de cultures avec stock alimentaire pour le ménage



Au niveau de la priorisation des cultures, le riz est le premier choix destiné à la consommation, ensuite l’arachide pour la vente, le sorgho et le maïs pour la consommation et la vente. Cette priorisation peut s’interpréter comme étant la résultante d’un choix raisonné certainement sous-tendu par une stratégie de sécurité alimentaire.

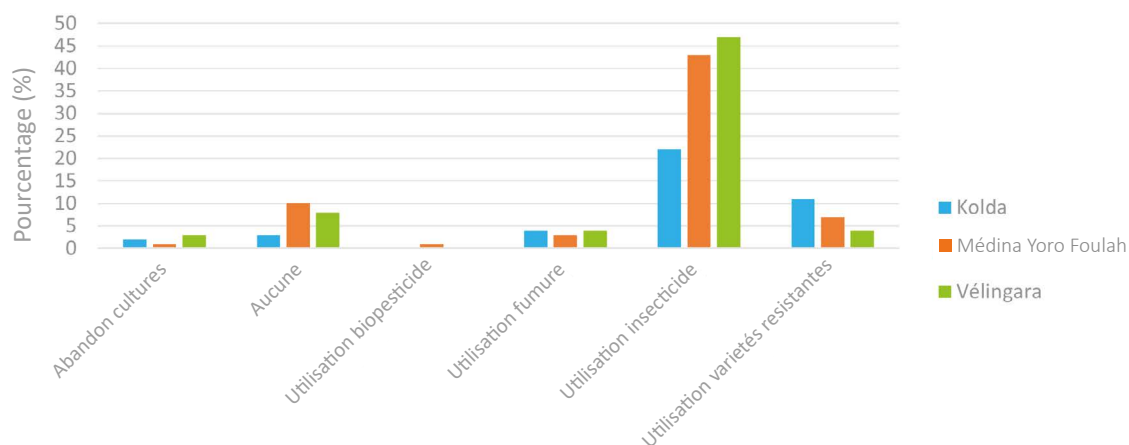
Les principales contraintes liées à la pratique de l’agriculture dans la zone de Kolda sont 1) la baisse de la fertilité des sols, 2) la baisse et la variabilité de la pluviométrie 3) la hausse de la température, 4) l’accès aux intrants agricoles, 5) les infestations des cultures, 6) le démarrage tardif de la saison et 7) les inondations (figure 15). Selon les populations, ces contraintes sont à l’origine d’importantes conséquences sur les chaînes de valeur du riz et du maïs, particulièrement la baisse importante des rendements dans les différentes zones de production. Pour pallier la baisse de la fertilité des sols, la fertilisation organique est la plus utilisée grâce à l’intégration agriculture-élevage. La biofertilisation est également appliquée ainsi que la jachère.

Figure 15. Les principales contraintes de l’agriculture dans la zone de Kolda selon les ménages



Pour lutter contre les infestations des cultures différentes stratégies sont mises en œuvre par les populations en fonction des attaques. La stratégie la plus utilisée est l’application des insecticides. Cette pratique est plus importante dans la zone de Vélingara et à Médina Yoro Foulah avec respectivement 47 pour cent et 43 pour cent des chefs de ménages qui affirment y avoir eu recours. Certains ménages utilisent également des variétés résistantes à disposition pour faire face aux infestations. En cas de forte chaleur, les agriculteurs(trices) effectuent un semis tardif ou un labour superficiel pour protéger certaines cultures.

Figure 16. Les stratégies d'adaptation pour remédier à la baisse de la fertilité des sols



Évaluation des performances agronomiques

Pour étudier les performances agronomiques des systèmes de production des grandes cultures à Kolda, des expérimentations ont été mise en place en milieu paysan. Une approche comparative a été utilisée pour évaluer les pratiques paysannes et les mesures conventionnelles recommandées par la recherche scientifique. Dans chacun des 10 villages choisis, cinq producteurs(trices) ont été sélectionnés, dont trois qui ont travaillé sur le maïs et deux sur le riz. Une approche de sélection participative impliquant les organisations de producteurs(trices), les services techniques et les autorités locales a été adoptée (Images 1 et 2). Afin de prendre en compte la dimension genre, seules des femmes ont été choisies pour la culture du riz. Au total, 50 producteurs(trices) soit 50 parcelles ont été choisies au départ avec 32 pour cent de femmes. Mais finalement, seules 37 parcelles (dont 23 parcelles de maïs et 14 en riz) parmi les 50 ont été récoltées, les autres parcelles ont été éliminées pour différentes raisons (inondation liée à la forte pluviométrie, non-respect des recommandations de suivi et de gestion, erreurs lors de la récolte, etc.).



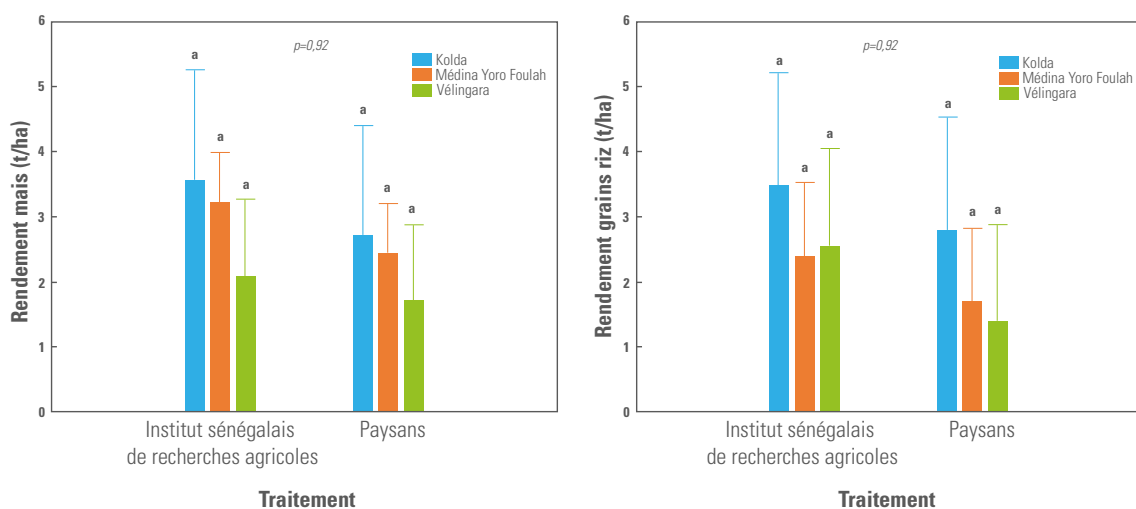
Photo 1 – Rencontre à Tahel Demba (Médina Yoro Foulah) pour la sélection de producteurs de riz et de maïs avec l'appui du SDDR de Médina Yoro Foulah



Photo 2 – Rencontre à Diébang (Kolda) pour la sélection de producteurs de riz et de maïs avec l'appui du SDDR de Kolda. En tshirt bleu et casquette le Dr. Adama Tounkara explique la méthode de mise en place des essais agronomiques.

La figure 17 présente les rendements de maïs et de riz, des deux traitements (pratique paysanne, pratique de l'ISRA), issus des essais agronomiques pendant la campagne d'hivernale 2020-2021 dans les trois sites d'études (départements de Kolda, Médina Yoro Foulah, Vélingara).

Figure 17. Rendements moyens de maïs et de riz issus des essais agronomiques de l'année 2020 en milieu paysan dans les trois sites d'étude



L'analyse statistique ne montre pas de différence significative entre les rendements moyens (maïs, riz) issus des pratiques paysannes et des pratiques recommandées par l'ISRA, quel que soit le site d'étude. Cependant, les rendements moyens les plus élevés ont été obtenus avec les pratiques recommandées par l'ISRA. L'absence de différence significative des rendements entre les deux pratiques peut être expliquée en partie par le fait que l'essentiel des producteurs(trices) (93 pour cent) appliquent presque les mêmes pratiques que celles recommandées telle que le désherbage en deux ou trois fois durant le cycle de la culture. En plus, certains (14 pour cent) appliquent sur leurs parcelles des doses d'engrais (150 kg/ha de NPK et 100 kg/ha d'urée en moyenne) qui avoisinent les recommandations sur le maïs et le riz.



Photos 3 – Visite de parcelles de riz à Kolda (Diébang).



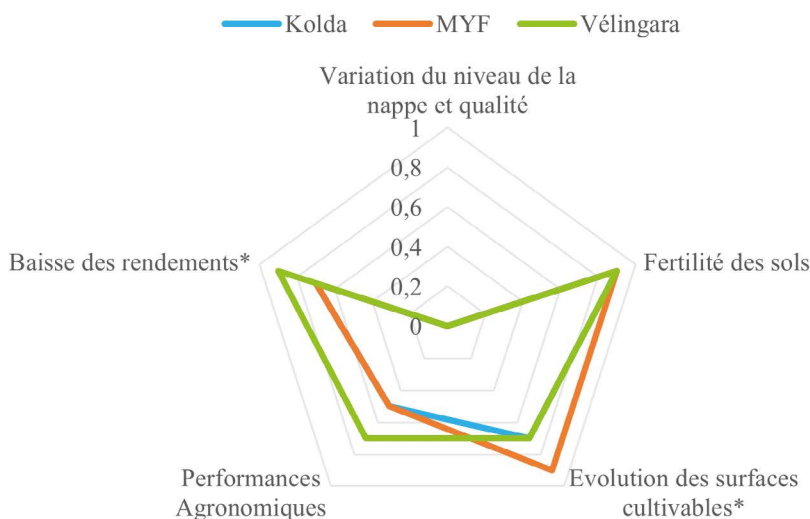
Photos 4 – Visite de parcelles de Maïs à Kolda, comparaison de la partie avec les pratiques recommandées par l'ISRA et les pratiques paysannes.

Quelle que soit la pratique, les rendements moyens du maïs et du riz les plus élevés sont enregistrés à Kolda et les plus faibles à Vélingara. Le rendement moyen en riz des trois départements est d'environ 2,67 t/ha pour la pratique conventionnelle (ISRA) contre 1,84 t/ha pour la pratique paysanne. Quant au maïs, le rendement moyen des trois départements est de 2,95 t/ha pour la pratique conventionnelle contre 2,27 t/ha pour la pratique paysanne. Ces rendements issus des essais agronomiques en milieu paysan sont de loin supérieurs aux rendements historiques moyens (des trois sites d'étude) estimés à 1,3 t/ha pour le maïs et pour le riz selon les données de la Direction de l'analyse, de la prévision et des statistiques agricoles (DAPSA).

Calcul des indicateurs de sensibilité

Il ressort de la [figure 18](#) que les communes ont des degrés différents de sensibilité actuelle aux changements climatiques. Les communes situées dans la partie sud-est de la zone d'étude dans le département de Vélingara sont actuellement plus sensibles et présentent des indices élevés. À l'opposé, les communes au sud-ouest de la zone d'étude notamment celles se trouvant dans les départements du Kolda sont les moins sensibles, et elles présentent les indices les plus faibles.

Figure 18. Perception des ménages sur les indicateurs de sensibilité socio-économique sur les sites d'étude dans la région de Kolda



MYF: Médina Yoro Foulah

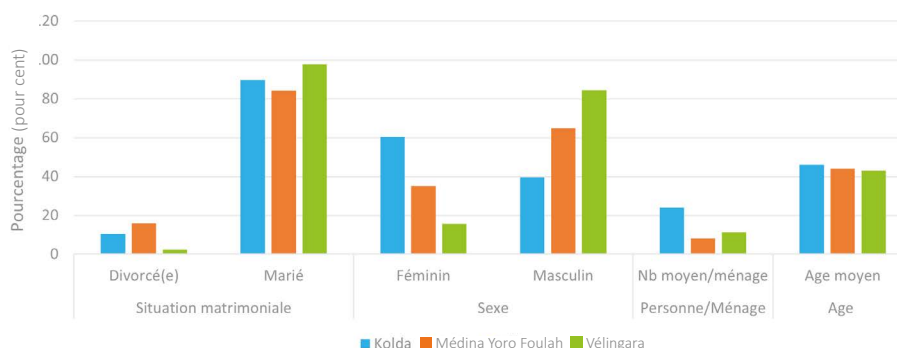


Capacité d'adaptation actuelle

Profil des ménages

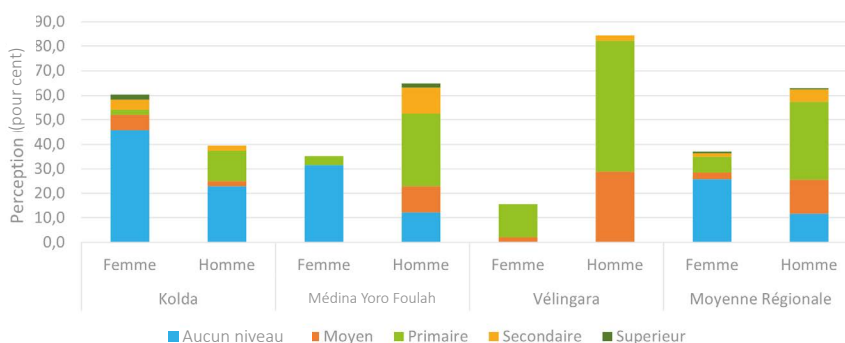
À l'échelle des sites de l'étude, les ménages sont majoritairement dirigés par les hommes (63 pour cent). Les femmes sont faiblement représentées avec seulement 37 pour cent (figure 19). L'âge moyen des chefs de ménage est de 44 ans, et ils sont pour la plupart mariés (90,5 pour cent). Le nombre de personnes en charge par ménage est de 14,5 en moyenne. Lors des dix dernières années, les chefs de ménages ont pratiqué dans l'ensemble (97,4 pour cent) l'agriculture comme activité principale. L'élevage arrive au second rang, suivi du commerce comme activité tertiaire. Les producteurs(trices) pratiquent l'activité secondaire principalement pour assurer la sécurité alimentaire du ménage mais aussi pour compenser les potentielles baisses de la rentabilité de l'activité agricole végétale (figure 19).

Figure 19. Caractéristiques sociodémographiques des ménages



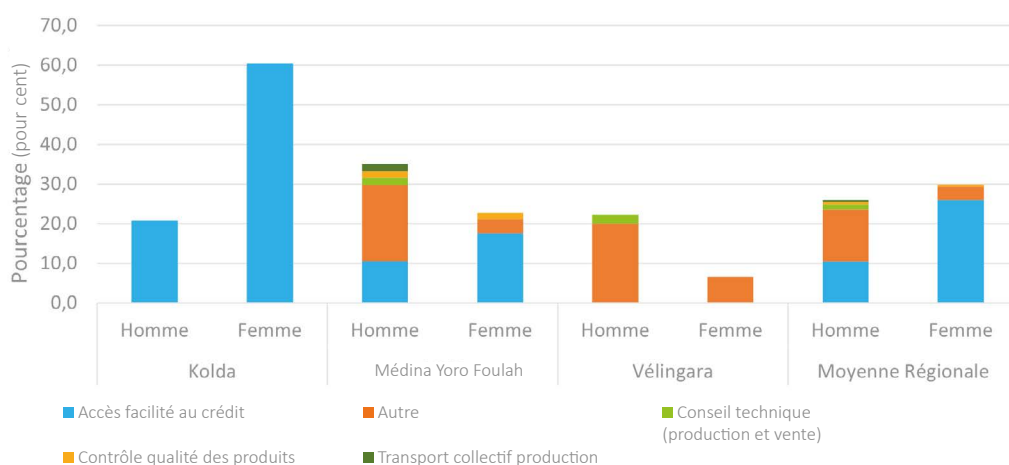
En termes d'instruction en français, près de 37,6 pour cent des chefs de ménage n'ont aucun niveau (femme: 25,8 pour cent, homme: 12 pour cent). Le reste a atteint les niveaux d'éducation primaire (18,7 pour cent avec 6 pour cent de femme et 31,3 pour cent d'homme), secondaire (3,3 pour cent avec 1,3 pour cent de femme et 5,3 pour cent d'homme) ou supérieure (0,7 pour cent avec 0,7 pour cent chez les femmes et 0,7 pour cent chez les hommes) (figure 20).

Figure 20. Niveau d'instruction en français des chefs de ménage



Le taux d'appartenance à une organisation de producteurs(trices) (OP) est de 32,7 pour cent pour les femmes cheffes de ménage et de 62,3 pour cent pour les hommes à l'échelle de la zone d'étude. En outre, la proportion de ménages n'ayant jamais été membre d'organisation paysanne est plus élevée 59,1 pour cent. Dans les OP, la plupart des chefs de ménage sont des membres (20,6 pour cent), seuls 5,2 pour cent des chefs de ménages ont un statut de responsable dans les OP avec 10 pour cent des hommes contre 5,3 pour cent de femmes. Les avantages d'être membre d'une organisation sont multiples et parmi ces avantages, l'accès au crédit est le plus cité pratiquement dans toutes les zones confondues avec 10,5 pour cent chez les hommes chefs de ménage et 26,0 pour cent chez les femmes cheffes de ménages (figure 21). Cet avantage est suivi par la disponibilité de conseils à la vente et d'un contrôle qualité des produits, entre autres.

Figure 21. Avantages de l'appartenance à une organisation de producteurs



À part l'agriculture qui est la principale source de revenu des ménages et les activités secondaires, des stratégies d'adaptation sont développées autour du ménage pour subvenir aux besoins élémentaires du ménage. Au cours des dix dernières années, les chefs de ménages ont plus fait recours à la réduction des dépenses destinées à la santé et l'éducation et au soutien à la production agro-sylvo-pastorale. La migration de membres de la famille est également une stratégie très courante, par contre la vente de biens productifs ou de bétail n'est pas beaucoup pratiquée.

Kolda: Dans le département de Kolda, le profil des ménages est presque identique aux autres. Cependant, le nombre de personnes en charge est plus élevé pouvant atteindre 24 personnes. La proportion de femmes impliquées dans les activités agricoles est également importante avec 60,4 pour cent de l'échantillon contre 39,6 pour cent d'hommes. Le niveau d'instruction en français est très faible (femme: 45,8 pour cent, homme: 22,9 pour cent), mais contrairement aux autres départements l'accès aux OP et leurs avantages est plus facile. Il faut noter également que la diversification des activités du ménage est plus facile dans le département de Kolda avec des activités comme l'artisanat, pratiqué par 8,3 pour cent de l'échantillon.

Medina Yoro Foulah: Médina Yoro Foulah est le département où le nombre de personnes en charge par ménage est le plus faible dans la région estimée à huit. Même si l'agriculture est la principale activité, l'élevage constitue une activité secondaire importante avec près 36,8 pour cent des chefs de ménages qui le pratique. Malgré un niveau



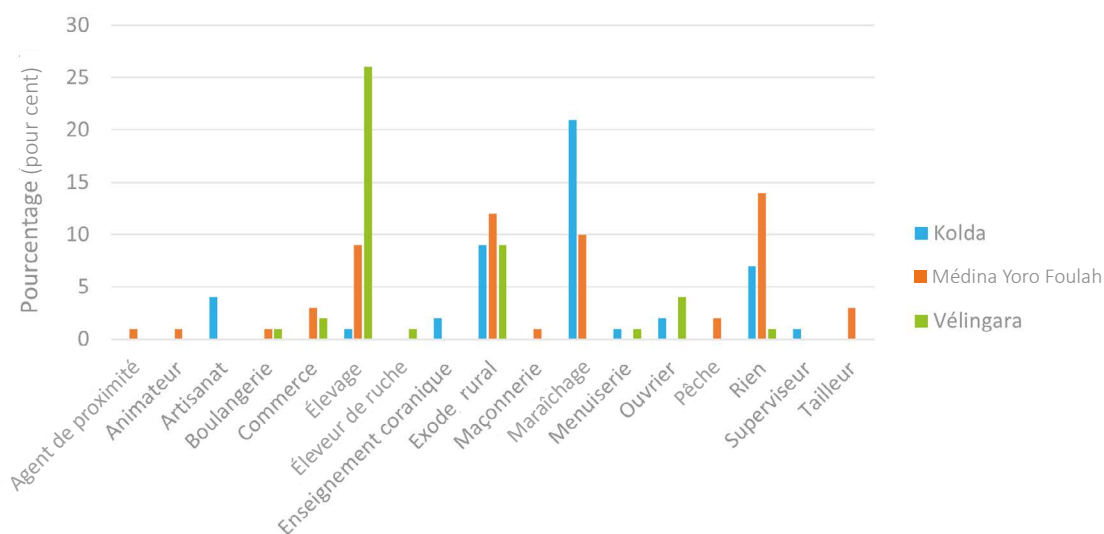
d'instruction très faible, 68,8 pour cent des chefs de ménage à Médina Yoro Foulah travaillent beaucoup avec les OP pour l'accès au crédit mais également au transport collectif des productions. Au cours des dernières années, les chefs de ménages à Médina Yoro Foulah ont plus fait recours à la réduction des dépenses de santé et d'éducation, et de soutien à la production agro-sylvo-pastorale. La migration de membres de la famille est également une stratégie très courante pour permettre au ménage de couvrir les besoins de base.

Vélingara: Le pourcentage de chefs de ménages mariés est plus élevé à Vélingara (97,8 pour cent) et ils ont pour la plupart le niveau primaire ou moyen. Le nombre de chef de ménage n'ayant jamais été dans une OP est très élevé (62,3 pour cent) et parmi les motivations pour y appartenir, bénéficier d'une assistance d'un conseil technique est plus évoqué. Parmi les stratégies développées pour subvenir aux besoins de base du ménage, la migration de membres de la famille est favorisée dans 96 pour cent des ménages, mais également la réduction de dépenses liées à la production agro-sylvo-pastoral et la vente des biens productifs.

Développement de mesures d'adaptation stratégiques

En cas de saison non favorable, les chefs de ménages s'adonnent à des activités d'adaptation stratégiques pour subvenir aux besoins des membres de la famille. À Kolda, le maraîchage est la principale activité à part la culture céréalière, et, il faut noter également un pourcentage important de l'exode rural dans les zones urbaines mais également l'artisanat qui constitue une activité économique importante (figure 22). Le même cas de figure est observé à Médina Yoro Foulah avec la migration vers les villes qui est l'activité stratégique la plus importante. Par contre, à Vélingara l'élevage occupe une place importante dans le ménage et permet de combler les besoins économiques et alimentaires.

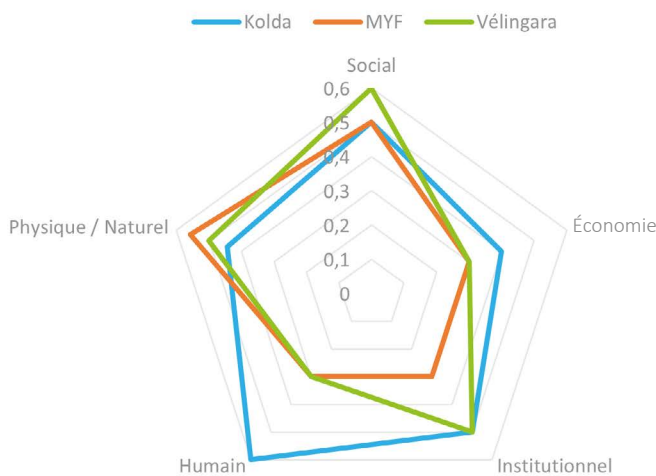
Figure 22. Les mesures stratégiques pour subvenir aux besoins du ménage



Calcul des indicateurs de capacité d'adaptation

La figure 23 présente les résultats du calcul des indicateurs de capacité d'adaptation actuelle. Il ressort de cette analyse que les communes ont des degrés différents de capacité d'adaptation actuelle face aux changements climatiques. Les communes au sud-ouest de la zone d'étude, notamment celles se retrouvant dans le département Kolda, ont une plus forte capacité d'adaptation actuelle et elles présentent les indices les plus élevés (IC = 0,47). À l'opposé, les communes situées dans la partie nord et sud-est de la zone d'étude ont des capacités d'adaptation les plus limitées et présentent des indices faibles de l'ordre de 0,46.

Figure 23. Les indicateurs de capacité d'adaptation évalués avec les données socio-économiques des sites d'étude dans la région de Kolda



MYF: Médina Yoro Foulah

Vulnérabilité actuelle

La vulnérabilité est appréciée comme le rapport entre l'impact potentiel et la capacité d'adaptation, ainsi les zones exposées à un impact potentiellement élevé et ayant une faible capacité d'adaptation sont les plus vulnérables. Lorsque les indices d'exposition et de sensibilité sont agrégés en indice d'impact potentiel, il en résulte que les communes situées dans le département de Médina Yoro Foulah sont les plus potentiellement affectées par les changements climatiques. L'agrégation des indicateurs composites des différentes composantes de la vulnérabilité révèle que les communes des départements de Médina Yoro Foulah et de Vélingara sont les plus exposées aux changements climatiques avec un indice de vulnérabilité (IV) de 0,75. Les communes situées dans le département de Kolda seraient relativement moins exposées avec un IV de 0,67. Il est important de noter qu'en termes de vulnérabilité, la différence entre départements est non significative et les notions de communes moins exposées et de moins sensibles sont relatives car ces communes peuvent en réalité avoir un niveau d'exposition et de sensibilité élevé comparé à d'autres communes qui ne sont pas dans l'échantillon.



Tableau 4. Distribution de l'indice de vulnérabilité actuelle par département au niveau de la région de Kolda

Composantes de vulnérabilité	Kolda	Médina Yoro Foulah	Vélingara
Exposition	0,58	0,61	0,56
Sensibilité	0,56	0,60	0,64
Impacts potentiel	1,14	1,21	1,20
Capacité d'adaptation	0,47	0,46	0,46
Vulnérabilité	0,67	0,75	0,74

ANALYSE DE LA VULNÉRABILITÉ FUTURE

Exposition future

L'incertitude sur le devenir des précipitations en Afrique de l'Ouest est un facteur très limitant pour affiner les projections de rendement en réponse aux changements environnementaux. En effet, il n'y a pas de consensus sur les modèles climatiques décrivant le mieux l'impact des changements climatiques sur les pluies au Sahel (Cook et Vizi, 2006; Druryan, 2010), certains modèles faisant état d'une possible aridification et d'autre, s d'une augmentation des pluies dans le futur. Seules quelques études récentes (Biasutti et Sobel, 2009; Patricola et Cook, 2010) ont trouvé un signal robuste entre les différents modèles du GIEC CMIP3 qui atteste d'un décalage de la saison de mousson (un assèchement en début de saison et une augmentation des pluies à la fin de la saison). Une meilleure prise en compte de cette incertitude est dès lors nécessaire. Jusqu'alors menées de manière très isolée et fragmentée, des études dédiées aux impacts du climat sur l'agriculture sont en cours de développement, notamment à travers de nouveaux projets internationaux d'intercomparaison de méthodes de régionalisation (Cordex: coordinated regional climate downscaling experiment) et d'intercomparaison des modèles agronomiques (AGMIP: agricultural model intercomparison and improvement project). En effet, l'inter-comparaison de plusieurs modèles climatiques permet une meilleure évaluation des différences entre les modèles, car la capacité des modèles climatiques individuels à reproduire de manière cohérente le climat dans différentes conditions est souvent limitée par la performance du modèle et également par la variabilité spatiale (Li *et al.*, 2015). Dans cette étude, la moyenne d'ensemble des 29 modèles climatiques disponibles dans le géoportail Sénégal CLIMAP de l'ANACIM a été utilisée, ce qui constitue un point d'entrée pour atténuer le bruit dans les données mais également réduire les incertitudes. Ainsi, l'utilisation de cette moyenne d'ensemble permet de réduire les résultats à la «majorité» des projections.

Projection de la pluviométrie et de la température

L'analyse de la pluviométrie au niveau de la région de Kolda montre que quel que soit l'horizon et le scénario, le cumul pluviométrique pourrait diminuer (figure 24). Ces résultats corroborent ceux de Deme *et al.* (2015). Cette diminution est plus notée à l'horizon 2035 avec le scénario RCP4.5, et elle devient plus importante à l'horizon 2050 avec le scénario RCP8.5. En effet, le cumul pluviométrique connaîtra une diminution à Kolda, Médina Yoro Foulah et Vélingara: respectivement de $8,8 \pm 0,15$ pour cent, $10,5 \pm 0,22$ pour cent et $10,7 \pm 0,20$ pour cent selon RCP4.5 et respectivement de $9,3 \pm 0,07$ pour cent, $13,0 \pm 0,19$ pour cent et $12,5 \pm 0,05$ pour cent avec le scénario RCP8.5. Quel que soit le scénario et l'horizon considéré, la température pourrait augmenter par rapport à la période de référence. Suivant le scénario RCP4.5, à l'horizon 2050, une hausse de $1,7 \text{ °C}$ pourrait être observée à Kolda, $1,6 \text{ °C}$ à Médina Yoro Foulah et $1,7 \text{ °C}$ à Vélingara. Suivant le scénario RCP8.5, cette augmentation sera plus accentuée atteignant $2,2 \text{ °C}$ à Kolda, $2,1 \text{ °C}$ à Médina Yoro Foulah et $2,3 \text{ °C}$ à Vélingara, soit respectivement une hausse de $7,8 \pm 1,11$ pour cent, $7,6 \pm 1,40$ pour cent et $8,0 \pm 1,14$ pour cent.

Figure 24. Évolution de la pluviométrie, la température moyenne et l'évapotranspiration futures par rapport à la période de référence (1976-2005)

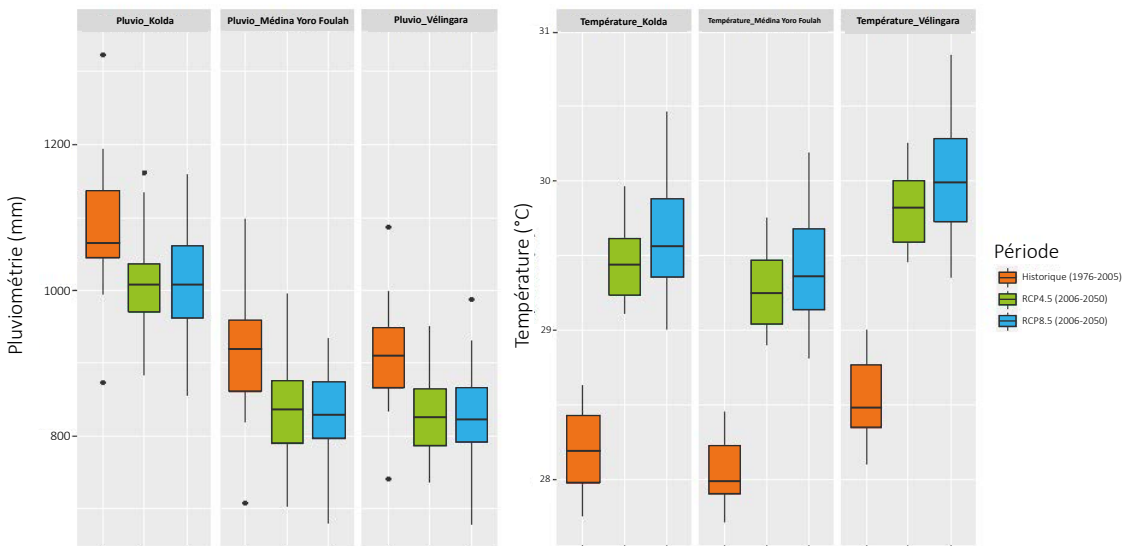




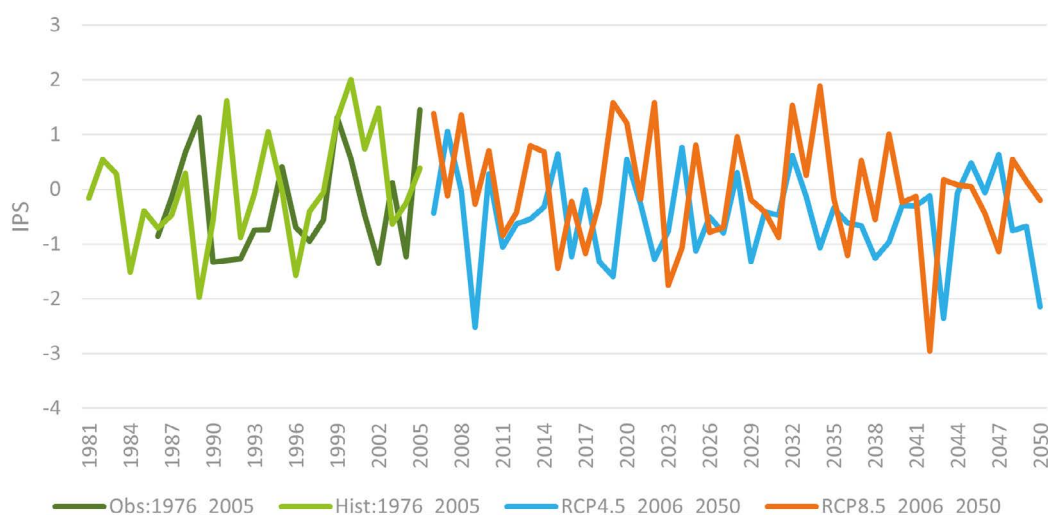
Tableau 5. Projection des paramètres climatiques aux horizons 2035 (2020-2050) et 2050 (2035-2065)

Facteur	Département	H2035 RCP4.5	H2035 RCP8.5	H2050 RCP4.5	H2050 RCP8.5
Pluviométrie	Kolda	$-6 \pm 0,34$	$-4,6 \pm 0,15$	$-8,8 \pm 0,15$	$-9,3 \pm 0,07$
	Médina Yoro Foulah	$-6,6 \pm 0,25$	$-5,9 \pm 0,27$	$-10,5 \pm 0,22$	$-13,0 \pm 0,19$
	Vélingara	$-7,3 \pm 0,23$	$-6,0 \pm 0,18$	$-10,7 \pm 0,20$	$-12,5 \pm 0,05$
Température	Kolda	$2,9 \pm 0,17$	$2,9 \pm 0,38$	$5,9 \pm 0,12$	$7,8 \pm 1,11$
	Médina Yoro Foulah	$2,7 \pm 0,26$	$2,7 \pm 0,54$	5,7	$7,6 \pm 1,40$
	Vélingara	$2,9 \pm 0,23$	$3,1 \pm 0,41$	$5,8 \pm 0,11$	$8,0 \pm 1,14$

Les valeurs sont en pourcentage de changement. H2035: horizon 2035, H2050: horizon 2050.

L'évolution de l'indice pluviométrique standardisé (IPS) (figure 25), montre qu'entre les années 2020 à 2035 les précipitations pourraient être proches de la normale de référence dans les deux localités. Par contre, les années 2040 pourraient enregistrer des sécheresses modérément sévères. Au-delà de 2045, les projections montrent une recrudescence des événements de sécheresse qui pourraient être extrêmement sévères, à l'instar de celles de l'année 1983. Il faut aussi noter la forte variabilité interannuelle de l'IPS qui pourrait entraîner l'apparition d'années très humides à l'intérieur de périodes très à extrêmement sèches.

Figure 25. Tendence des projections de l'indice pluviométrique standardisé (IPS) et de la température sur la période (2006-2070) dans les trois sites d'étude (départements de Kolda, Médina Yoro Foulah et Vélingara)

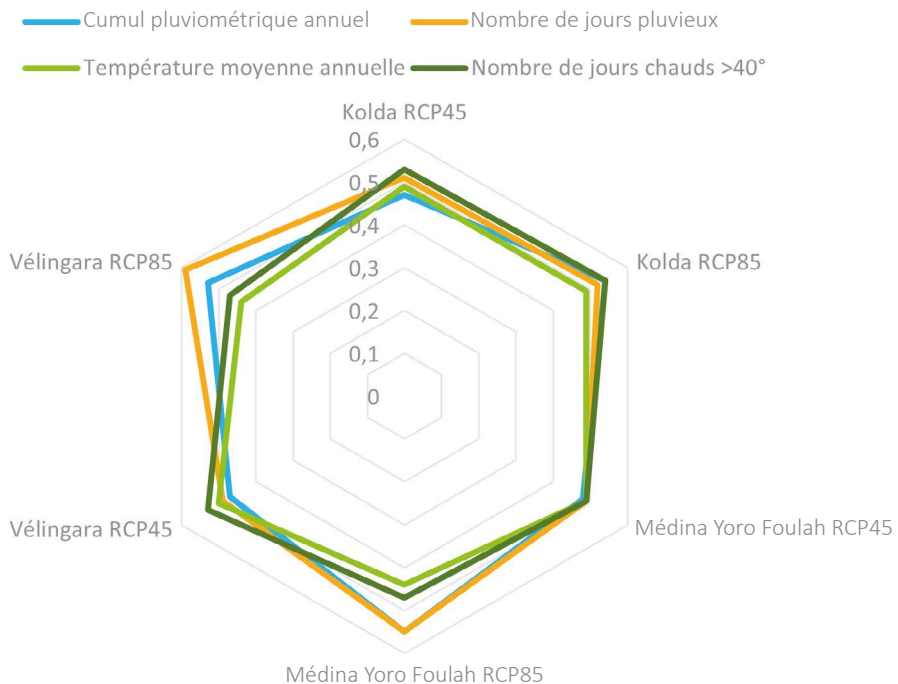


Évolution de l'indice pluviométrique standardisé observé (en vert foncé) et historique (calculé à partir de modèles climatiques; en vert clair) entre 1976 et 2005 et estimation de ses valeurs futures selon les scénarios RCP4.6 (en bleu) et RCP8.5 (en orange).

Calcul des indicateurs d'exposition future

Il ressort de l'analyse de l'exposition future faite avec les données biophysiques et socio-économiques que les différentes communes auront des expositions différentes face aux changements climatiques en fonction du scénario d'émission de gaz à effet de serre (GES) (figure 26). En effet, selon le scénario RCP4.5, les communes de la zone nord dans le département de Médina Yoro Foulah seront moins exposées dans le futur avec un indice d'exposition (IE) de 0,49, tandis que les communes du sud dans le département de Vélingara (IE = 0,5) et le département de Kolda (IE = 0,51) seront plus exposées (figure 26). La même tendance est attendue mais avec une exposition plus prononcée (Médina Yoro Foulah: 0,50, Vélingara: 0,51 et Kolda: 0,52) dans le sud de la zone dans le département de Kolda est attendue avec le scénario RCP8.5 (figure 26). Contrairement à la période historique durant laquelle le département de Médina Yoro Foulah était plus exposé, à l'horizon 2050, ce département serait relativement moins exposé. Cette différence peut être probablement liée à l'évolution attendue de la pluviométrie avec plus d'années humides et une grande variabilité spatio-temporelle.

Figure 26. Les indicateurs d'exposition future des différentes zones d'étude selon les scénarios RCP4.5 et RCP8.5



Sensibilité future

Projection des rendements

Incertitude sur l'analyse des rendements: Les rendements de riz ont été obtenus par modélisation grâce aux modèles DSSAT avec des données climatiques issues du projet d'intercomparaison CMIP6. Deux variétés de riz ont été choisies et une moyenne des rendements pour chaque zone a été faite pour considérer une valeur d'ensemble sur la



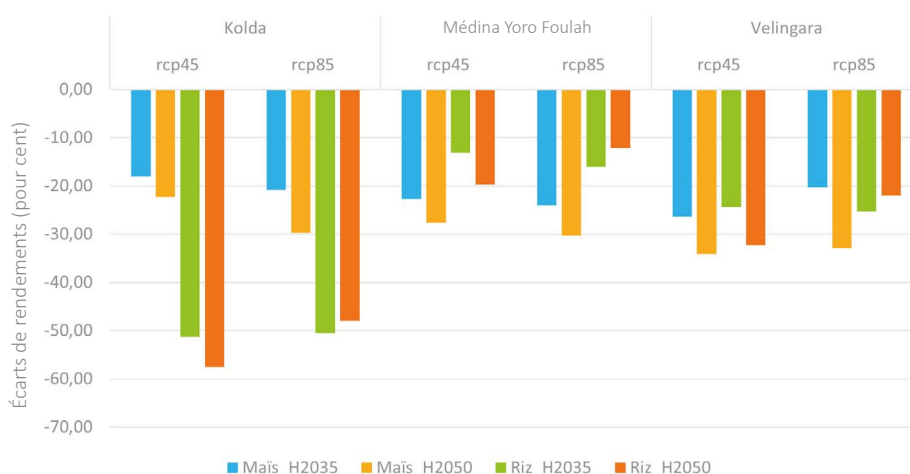
culture et diminuer la variation autour du rendement. Néanmoins, il existe toujours une incertitude autour des données qu'il faut nécessairement prendre en compte dans l'interprétation des résultats.

La modélisation des rendements du maïs a été effectuée avec le modèle SARRAH-H avec des données de 29 modèles climatiques corrigées issues de CHIRPS/CMIP5. Le rendement est évalué par modèle et une moyenne d'ensemble des 29 modèles a été considérée. Cette approche d'intercomparaison des modèles permet de réduire l'incertitude.

Projection de rendement: L'analyse de l'évolution des rendements de maïs sur la période 2006-2050 montre que ces derniers suivent une tendance à la baisse avec une grande variabilité interannuelle dans les trois départements, quel que soit le scénario. Cette variabilité est estimée entre 800 et 1600 kg/ha, mais il peut y avoir des disparités d'une commune à une autre. Les résultats des simulations révèlent qu'à l'horizon 2035, les changements climatiques auront un impact sur la production du maïs avec des diminutions de rendements pouvant aller jusqu'à 18 pour cent à Kolda, 22 pour cent à Médina Yoro Foulahet 26 pour cent à Vélingara selon le scénario RCP4.5 (figure 27). Une légère différence de réduction des rendements est notée avec le scénario RCP8.5 mais les mêmes tendances sont observées. À l'horizon 2050, cette baisse sera plus accentuée et atteindra 22 pour cent à Kolda, 27 pour cent à Médina Yoro Foulah et 34 pour cent à Vélingara selon le scénario RCP4.5. Pour ce même horizon, la réduction sera plus importante allant jusqu'à 29 pour cent à Kolda, 30 pour cent à Médina Yoro Foulah contre 32 pour cent à Vélingara selon le scénario RCP8.5 (figure 27).

À l'horizon 2035, les rendements du riz suivront une tendance à la baisse, tout comme les paramètres climatiques à Kolda, mais marquée par une variation d'une année à une autre entre dans les trois sites d'étude. Une chute drastique des rendements de riz pluvial est attendu à Kolda allant jusqu'à 50 pour cent, contre 13 pour cent à Médina Yoro Foulah et 25 pour cent à Vélingara selon le scénario RCP4.5. Une légère différence de réduction des rendements est notée avec le scénario RCP8.5 mais avec les mêmes tendances. Une réduction plus importante est attendue à l'horizon 2050 avec 57 pour cent à Kolda, 19 pour cent à Médina Yoro Foulah et 32 pour cent à Vélingara selon le scénario RCP4.5. Une réduction moins importante est attendue avec le scénario RCP8.5. La diversité de ces impacts montre la variabilité importante des paramètres climatiques en fonction du scénario choisi dans le futur dans la zone de Kolda.

Figure 27. Écarts de rendements du maïs et du riz aux horizons 2035 et 2050, par rapport à la période de référence 1976-2005

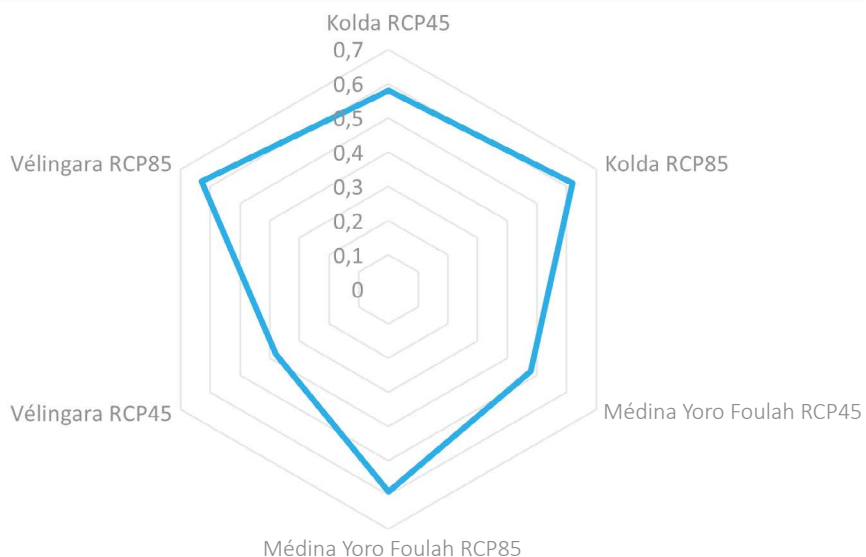


Calcul des indicateurs de sensibilité

L'analyse de la sensibilité future (figure 28) montre que, quel que soit le scénario d'émissions de GES, une sensibilité différente des communes est attendue dans la zone de Kolda. En effet, avec le scénario RCP4.5, les communes du département de Médina Yoro Foulah seraient plus sensibles dans le futur avec un indice de sensibilité (IS) de 0,48 contre 0,42 et 0,38 pour les communes de Kolda et Vélingara respectivement. Cependant, selon le scénario 8,5, les communes de Vélingara (IS = 0,63) et Kolda (IS = 0,62) seront plus sensibles que celles du département de Médina Yoro Foulah (IS = 0,59).

Les impacts potentiels qui résulteraient de ce rapport entre l'exposition et la sensibilité de différentes communes varient d'un scénario à l'autre. En effet, avec le scénario RCP4.5, les impacts seront relativement similaires dans les différents départements, mais Médina Yoro Foulah serait plus impacté (indice d'impact = 0,48) compte tenu de sa forte sensibilité. Cependant avec le scénario RCP8.5, les communes de Kolda et Vélingara seraient plus impactées (indice d'impact = 0,55) par les effets des changements climatiques (figure 28).

Figure 28. Les indicateurs de sensibilité future des différentes zones d'étude selon le scénario RCP4.5 et RCP8.5



Capacité d'adaptation future

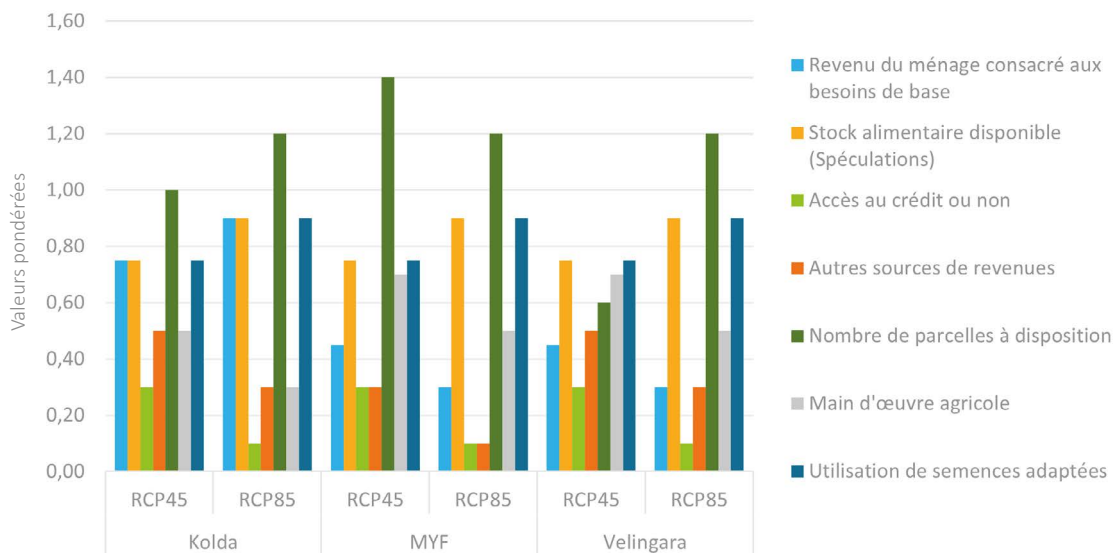
Scénario RCP4.5: À l'horizon 2035, les politiques climatiques nationales sont axées sur la préservation de l'environnement et des ressources naturelles tout en construisant des sociétés résilientes en répondant aux enjeux du changement climatique. La hausse des températures reste importante et la variabilité de la pluviométrie devient plus accrue, combinée à la récurrence des événements extrêmes (périodes sèches, saisons des pluies plus courtes, sécheresses, etc.). Au niveau international, les négociations climatiques se renforcent et conduisent à une plus grande présence des entités accréditées renforçant la gouvernance et le financement climatique.



Malgré l'existence de disparités entre les départements, les efforts orientés vers l'augmentation du revenu des ménages (consacré aux besoins de base et la disponibilité d'un stock alimentaire suffisant) garantissent une légère sécurité alimentaire notamment dans le département de Kolda. Dans la région de Kolda, le secteur agricole bénéficie de la mise en œuvre de projets et programmes visant à augmenter la productivité des filières riz et maïs. Le secteur agricole est marqué par une promotion des chaînes de valeur d'importance économique et sociale comme le riz et le maïs, malgré les enjeux récurrents de distribution spatio-temporelle des intrants et de commercialisation. En effet, ces principales chaînes de valeur ne bénéficient pas de ressources budgétaires suffisantes, conduisant à l'accroissement de la volatilité de la production. Une politique de riposte est mise en place par l'État pour appuyer les ménages dans la diversification des sources de revenus et un accompagnement financier (bourses, primes, etc) en période de soudure. Une politique nationale d'appui à la recherche scientifique est mise au point pour le développement de variétés certifiées, adaptées au climat. Les investissements dans le secteur agricole sont concentrés sur les aménagements hydro-agricoles, la motorisation des cultures irriguées de riz, la construction d'infrastructures routières et de conservation des produits agricoles. Cependant, les cultures vivrières pluviales (mil, sorgho, niébé, maïs) et l'arachide restent les principales cultures pratiquées par la grande majorité des agriculteurs(trices). Par ailleurs, la lutte contre la pauvreté et les inégalités socio-économiques est prise en compte dans les politiques sociales avec des projets et programmes spéciaux mettant l'accent sur la protection des populations les plus vulnérables dont les femmes et les jeunes, notamment dans les zones agricoles et rurales, tels que: une territorialisation de la gestion des ressources et une gouvernance inclusive pour un meilleur accès aux ressources foncières notamment pour les femmes; une disponibilité de la main d'œuvre locale notamment dans les zones rurales par la mise en place de programmes de développement accompagnant les femmes et les jeunes à concevoir et mettre en œuvre des projets durables; une amélioration de l'accès aux services sociaux et aux infrastructures de base, plus particulièrement l'éducation, la santé et l'eau potable.

Scénario RCP8.5: D'ici 2035, le changement climatique sera parmi les défis majeurs aux conséquences de plus en plus néfastes sur les conditions de vie et les activités socio-économiques (figure 29). La hausse des émissions de gaz à effet de serre observée au niveau international entraînera un réchauffement planétaire plus important et une récurrence des événements extrêmes, rendant la production agricole nationale de plus en plus vulnérable.

Figure 29. Principaux déterminants de capacité adaptative identifiés pour la période 2006 - 2050



Compte tenu des risques climatiques importants, la mise en œuvre de la politique agricole au niveau régional est plus orientée sur des mesures d'adaptation importantes pour accompagner les ménages. Une hausse plus importante du revenu des ménages consacrés aux besoins de base et la disponibilité d'un stock alimentaire suffisant garantissent une légère sécurité alimentaire des ménages notamment dans le département de Kolda. Dans les autres départements ce revenu reste faible malgré les efforts d'accompagnement de l'État. La réglementation foncière assure la sécurité des petites exploitations familiales et permet un meilleur accès des femmes à la terre et au crédit, notamment par l'introduction de systèmes de quotas et de bonification des taux d'intérêt. Dans les zones rurales (Médina Yoro Foulah et Kolda) la disponibilité de la main d'œuvre est un atout considérable pour les chaînes de valeur céréalières. Des investissements en machinerie sont néanmoins réalisés, notamment à travers des crédits accordés aux producteurs pour un accès facilité aux équipements de traction animale. Une politique nationale d'appui à la recherche scientifique est mise au point pour le développement de variétés certifiées, adaptées au climat. Les investissements dans le secteur agricole sont concentrés sur les aménagements hydro-agricoles, la motorisation des cultures irriguées de riz et la construction d'infrastructures routières et de conservation des produits agricoles. Cependant, les cultures vivrières pluviales (mil, sorgho, niébé, maïs) et l'arachide restent les principales cultures pratiquées par la grande majorité des agriculteurs. La lutte contre la pauvreté et les inégalités socio-économiques est prise en compte dans les politiques sociales avec des projets et programmes spéciaux mettant l'accent sur la protection des populations les plus vulnérables dont les femmes et les jeunes, notamment dans les zones agricoles et rurales. Des efforts sont réalisés pour améliorer l'accès aux services sociaux et aux infrastructures de base, plus particulièrement l'éducation, la santé et l'eau potable.

La vulnérabilité future

La vulnérabilité constitue l'agrégation pondérée de l'exposition, la sensibilité, la capacité d'adaptation et des impacts potentiels. Ainsi, les zones particulièrement vulnérables sont caractérisées par un fort impact potentiel déterminé par une exposition et une sensibilité plus ou moins élevée et une faible capacité d'adaptation. Les résultats du scénario RCP4.5 indiquent que, le département de Vélingara serait plus vulnérable aux changements climatiques (Indice de vulnérabilité de Vélingara: 1,18) (tableau 6). Cette vulnérabilité serait accentuée avec le scénario RCP8.5, et ce, dans tous les départements étudiés, notamment celui de Médina Yoro Foulah avec un IV de 2,34 (tableau 6).

Tableau 6. Vulnérabilité climatique à l'horizon 2050 des sites d'étude dans la région de Kolda selon les scénarios RCP4.5 et RCP8.5

Composante de vulnérabilité	Kolda		Médina Yoro Foulah		Vélingara	
	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5
Exposition	0,50	0,52	0,49	0,50	0,50	0,51
Sensibilité	0,58	0,38	0,52	0,41	0,62	0,37
Impact potentiel	1,58	2,86	1,49	2,84	1,61	2,76
Capacité d'adaptation	0,48	0,58	0,49	0,50	0,43	0,53
Vulnérabilité	1,10	2,28	1,00	2,34	1,18	2,24



DISCUSSION GÉNÉRALE SUR LA VULNÉRABILITÉ

À l'instar des exploitations agricoles d'Afrique de l'Ouest, depuis quelques décennies, les ménages de la région de Kolda ont connu des évolutions sur le plan social, technique et économique. L'analyse des profils des ménages dans la zone de Kolda montre une spécificité avec l'agriculture comme activité principale mais mixée avec l'élevage ainsi que le commerce. Les revenus de l'exploitation proviennent à hauteur de 90 pour cent de l'agriculture, alors que l'élevage constitue une source importante d'intrants à l'agriculture (fertilisation organique, traction animale) et contribue à la satisfaction alimentaire des membres de l'exploitation à travers l'autoconsommation de la viande et du lait. L'âge moyen des chefs de ménage est de 44 ans, ce résultat pourrait montrer une certaine maturité et une grande expérience des chefs de ménages agricoles à comprendre les effets des changements climatiques. Par contre, le niveau d'éducation faible en français pourrait constituer une contrainte dans la bonne pratique agricole car la plupart des technologies disponibles sous forme de fiche sont généralement en français. L'une des solutions est l'affiliation à des organisations de producteurs(trices) pour mieux accéder à l'information agricole mais également pour capter des opportunités de financement qui constituent la principale motivation d'adhésion à une OP dans la zone. En plus de l'agriculture qui est l'activité principale, les ménages ont développé des activités extra-agricoles pour sécuriser leurs revenus. Près du tiers des personnes actives s'adonnent à des activités extra-agricoles (commerce, exploitation forestière, arboriculture, organisations paysannes et non gouvernementales, etc.). Cette diversification des activités permet de sécuriser le revenu moyen des exploitations agricoles qui est en moyenne de 286 379 francs CFA par an pour les exploitations à revenu total faible, qui sont les plus représentatives (74 pour cent), 693 903 francs CFA par an pour les exploitations à revenu total modéré (2 pour cent), 1 382 256 francs CFA par an pour les exploitations à revenu total moyen (16 pour cent). Les exploitations agricoles à revenu total élevé (8 pour cent) peuvent en moyenne générer un revenu de 3 025 000 francs CFA par an, cette performance étant due pour l'essentiel aux activités agricoles, surtout grâce au coton.

L'agriculture est confrontée à plusieurs contraintes dont les plus marquantes sont les changements climatiques, la dégradation des sols et des systèmes de production inadéquates (vétusté du matériel agricole, faible utilisation des intrants agricoles, non-respect des bonnes pratiques agricoles, etc.), le problème de l'accès aux marchés et la baisse des prix des produits agricoles, lesquels impactent la rentabilité des activités. De plus, l'activité agricole n'a pas pu accompagner l'évolution démographique de la région avec une population caractérisée par une extrême jeunesse avec un âge moyen de 21 contre 22,7 au niveau national. Notre étude montre que ces différents facteurs sont à l'origine d'une vulnérabilité des ménages qui varie d'un département à l'autre. Le département de Médina Yoro Foulah serait le plus vulnérable. Malgré une performance agronomique importante des agriculteurs(trices) avec des productions variant de 2,27 tonnes/ha pour le maïs et de 1,84 kg/ha pour le riz, la zone est caractérisée par une faible capacité d'adaptation des communautés face à l'ampleur de son exposition climatique. Dans les communes du département de Vélingara, la vulnérabilité liée aux conditions climatiques est relativement similaire à celle des communes de Médina Yoro Foulah, malgré une exposition plus prononcée aux risques climatiques. Les communes des départements de Kolda seraient moins vulnérables car, malgré les difficultés que traverse l'agriculture, les exploitations agricoles familiales trouvent des ressources alternatives pour assurer les besoins de base du ménage. Il est important de noter que les communes de Kolda avec plus de capacités adaptatives seraient moins vulnérables que les communes de Médina Yoro Foulah et Vélingara qui sont moins accessibles et privées de certaines opportunités de diversification des ressources des ménages. En plus de cela, il faut noter que des efforts ont été consentis par l'État du Sénégal pour répondre de façon concrète à l'atténuation et à l'adaptation aux changements climatiques, en rapport avec la préservation et la valorisation durable du capital productif, à travers la mise en place de projets et programmes en partenariat avec les partenaires du développement en particulier pendant ces dix dernières années. Ces projets et programmes s'inscrivent dans les politiques nationales de développement rural dont le Programme d'accélération de la cadence de l'agriculture Sénégalaise (PRACAS)

et la Loi d'orientation agro-sylvo-pastorale (LOASP). Ils interviennent dans les zones essentiellement agricoles et/ou dépendantes du climat telles que la région de Kolda. Le Projet d'appui au développement de l'agriculture et de l'entrepreneuriat rural (PADAER), mis en œuvre à Kolda de 2011 à 2019, a également contribué à la réduction de la pauvreté des femmes, des jeunes et des hommes à travers leur incorporation dans des chaînes de valeur profitables diversifiées et résilientes aux changements climatiques. Le Projet d'appui à la petite irrigation locale (PAPIL), mis en œuvre de 2010 à 2013 dans la région avait comme objectif de contribuer à la réduction de la pauvreté et à la sécurité alimentaire en milieu rural en promouvant des infrastructures de maîtrise de l'eau et des mesures d'adaptation aux changements climatiques. Entre autres résultats du projet, il faut noter la récupération de terres salées, la régénération du milieu naturel, la sécurisation de cultures en hivernage, la diffusion de pratiques culturelles adaptées, et la création ou la dynamisation de pôles d'activités autour des zones aménagées. Le Projet d'appui au développement rural en Casamance (PADERCA) qui a démarré en 2006 pour une durée de cinq ans dans les régions de Ziguinchor, a également contribué à la sécurisation de la production agricole, en particulier les céréales additionnelles, à la protection du milieu naturel (restauration des terres dégradées), et à l'accroissement des revenus des exploitations.

Contrairement à la situation actuelle, la tendance de la pluviométrie d'ici 2050 est globalement à la baisse, variant entre 700 et 1200 mm, mais avec plus d'années humides et une variabilité interannuelle importante. Par contre pour la température, une augmentation continue est attendue passant de 28,5 à 30 °C, soit une hausse d'environ 1 °C en 44 ans. Face à cette situation, un impact considérable sur les cultures sera observé quel que soit le scénario d'émissions de GES utilisé. Une diminution des rendements de maïs pouvant aller jusqu'à 18 pour cent à Kolda, 22 pour cent à Médina Yoro Foulah et 26 pour cent à Vélingara est attendue d'ici 2035 selon le scénario RCP4.5. Une légère différence de réduction des rendements est notée avec le scénario RCP8.5 mais avec les mêmes tendances. Par contre, pour le riz, une chute drastique des rendements de riz pluvial est attendue d'ici 2035 à Kolda, pouvant aller jusqu'à 50 pour cent par rapport aux rendements sur la période de référence. Cette baisse est moins importante à Vélingara (25 pour cent) et à Médina Yoro Foulah (13 pour cent). Cette baisse de rendement aura probablement des répercussions sur le pouvoir adaptatif des ménages qui dépendent directement des produits de cette agriculture. Ces ménages auront différents niveaux d'adaptation qui dépendront des capacités adaptatives développées par chacune et chacun. Parmi les déterminants de la capacité d'adaptation, l'accès à la terre constituera un élément important dans les systèmes agricoles dans toutes les communes et selon les deux scénarios. L'utilisation de semences adaptées ainsi que la disponibilité de la main d'œuvre seront déterminantes pour une adaptation effective des communautés. À Kolda, l'augmentation du stock alimentaire et des revenus consacrés aux besoins de base sera une option d'adaptation importante, tandis que dans les départements de Médina Yoro Foulah et Vélingara, le stock alimentaire sera privilégié. L'accès au crédit ainsi qu'à d'autres sources de revenus resteront faibles par rapport aux autres indicateurs mais constitueront des alternatives importantes pour les ménages.

4. Analyse des stratégies et options d'adaptation



LES STRATÉGIES D'ADAPTATION

D'une manière générale, les agriculteurs(trices) développent de nombreuses formes d'adaptation spontanées face aux divers changements de leurs environnements. Cependant, il est probable qu'au moins dans certains pays, plus particulièrement dans les pays de la zone sahéenne, le rythme et l'ampleur des changements climatiques dépasseront ceux du développement du secteur l'agriculture. Par conséquent, des technologies spécifiques, une gouvernance forte et les stratégies de développement à long terme devront être adoptées pour atténuer les effets néfastes des changements climatiques sur ce secteur.

Initiatives agricoles et leçons apprises sur les filières riz et maïs

L'accompagnement des producteurs(trices) dans l'adaptation aux changements climatiques nécessite une bonne compréhension des impacts des changements climatiques et des stratégies d'adaptation efficaces. Les résultats

de cette étude montrent que les populations perçoivent bien les changements climatiques et prennent des mesures pour adapter leurs activités agricoles. Ainsi pour rester compétitif et lutter contre la vulnérabilité, des initiatives sont développées par les populations sur les filières les plus remarquables à Kolda.

En raison de la variabilité climatique et du décalage du début de la saison d'un mois (15 mai-15 juin), les producteurs(trices) ont tendance à utiliser des variétés à cycles courts de riz ou à diversifier les cultures. Ces stratégies leur permettent de prendre les dispositions sur la saison mais l'utilisation de l'information climatique et l'assurance agricole permettrait de mieux les renforcer. Pour pallier la baisse de la fertilité des sols, différentes techniques agronomiques sont utilisées par les producteurs(trices) notamment: (i) le parage des animaux, (ii) l'utilisation de nouvelle défriches plus fertiles, (iii) la fertilisation organique, la jachère et (iv) l'utilisation d'engrais minéral. Cependant, pour être effectives certaines stratégies, comme le défrichement, nécessitent une sécurisation et un accès facilité à la terre pour les chefs de ménages. L'intégration agriculture-élevage est également pratiquée dans la zone pour éviter l'utilisation abusive de pesticides et pour diversifier les produits et revenus. Des variétés de maïs comme Obatampa et de Riz Sahel 108 sont les plus utilisées dans la zone à cause de leur adaptation aux conditions climatiques et la maîtrise des itinéraires techniques spécifiques permettant d'améliorer les rendements. Le besoin en renforcement du capital semencier est exprimé par les agriculteurs(trices) interrogés, tout comme un besoin en renforcement du dispositif de vulgarisation des résultats de la recherche scientifique. Toutefois, une politique de conservation des variétés paysannes doit être menée pour éviter la disparition de ces variétés souvent négligées au détriment des variétés améliorées. Pour éviter les problèmes de conservation des produits agricoles et les pertes post-récolte, des produits chimiques (produits phosphorés, par exemple), les bio-pesticides (feuilles de neem, par exemple) sont aussi utilisés pour renforcer les conditions de stockage. Pour lutter contre les inondations et la raréfaction de l'eau, des aménagements hydro-agricoles (par exemple mare, bassins) sont mis en place pour une valorisation des eaux de surface et de ruissellement.

Les stratégies pour assurer les revenus du ménage

L'intérêt porté à l'agriculture et à l'élevage a baissé au profit d'activités assurant des revenus plus stables mobilisant une partie de la main d'œuvre familiale. Il s'agit entre autres, du commerce, de l'enseignement, de l'artisanat, de la migration, du travail salarié, etc. C'est ainsi que la part des différentes activités dans la génération des revenus de l'exploitation familiale a évolué vers un nouvel équilibre. Celle des activités traditionnelles tourne autour de 43 pour cent contre 57 pour cent pour celles extra-agricoles (non agricoles et transferts d'argent). Avec cette nouvelle configuration, l'exploitation évolue vers un système d'activités où l'agriculture et l'élevage bovin sont marginaux par rapport aux nouvelles activités (Gueye *et al.*, 2008). Les résultats de l'Enquête nationale sur la sécurité alimentaire et la nutrition (ENSAN) en 2013 montrent que plus de la moitié (66 pour cent) des exploitations familiales de la région cherchent des activités alternatives ou additionnelles face au manque de nourriture (MAP, 2014), conséquence des faibles productions agricoles. Il faut également noter que le développement de l'aviculture traditionnelle qui, notamment grâce à des innovations, a pu accroître son importance au sein de l'exploitation agricole familiale. Les femmes qui s'y activent disposent de revenus plus réguliers et s'émancipent aussi bien au niveau de l'exploitation que de la collectivité (Sall, 2009).

Les mesures institutionnelles

L'État sénégalais à travers ses structures a mis en place des politiques d'accompagnement des agriculteurs pour faire face aux multiples défis (démographie galopante, changements climatiques, baisse de la fertilité des sols, etc.). Pour pallier les difficultés d'accès à des semences de qualité et aux engrais, en appui aux producteurs, l'État



sénégalais a initié un vaste chantier de reconstitution du capital semencier avec le Programme de services agricoles et organisations de producteurs (PSAOP). Par exemple, pour la campagne agricole 2012-2013, les semences mises à la disposition des producteurs(trices) sont constituées essentiellement de céréales dont, le maïs (270 tonnes), le riz (260 tonnes), le mil (27 tonnes), le sorgho (105 tonnes), le fonio (30 tonnes), le niébé (20 tonnes) et le sésame (15 tonnes). Pour cette même campagne, l'État sénégalais à travers le programme pour la promotion de l'utilisation de l'engrais a distribué 6 237 tonnes d'engrais (de types 15-15-15 et 15-10-10) et d'urée aux producteurs(trices) (ANSD, 2015).

Malgré ces efforts consentis par l'État, sans oublier le rôle que jouent les ONG et les organisations internationales de développement pour accompagner les agriculteurs(trices), la production agricole reste limitée. Plusieurs projets de développement sont mis en œuvre dans la zone, entre autres:

- Projet Dundel Suuf (mis en œuvre par l'International fertilizer development center),
- Programme de renforcement de la résilience à l'insécurité alimentaire et nutritionnelle au Sahel (financé par la Banque africaine de développement et mis en œuvre par le Gouvernement du Sénégal),
- Femmes et agriculture résilientes (Centre d'étude et de coopération internationale)
- Projet intégré de nutrition dans les régions de Kolda et Kédougou (mis en œuvre par Global Affairs Canada et Micronutrient Initiative)
- Projet d'amélioration de la productivité agricole et de la sécurité alimentaire dans le tiers sud du Sénégal (financé par l'Union Européenne et l'Agence française de développement et mis en œuvre par la Société de développement agricole et industriel du Sénégal, sous l'égide du MAER)
- Programme agricole Italie-Sénégal (financé par l'Agence italienne pour la coopération au développement)
- Projet de valorisation des eaux pour le développement des chaînes de valeur (financé par la Banque africaine de développement)
- Appui aux organisations de producteurs à la mise en place de circuits courts de commercialisation de produits locaux obtenus selon des modes de production agroécologiques, dans la région de Kolda (financé par l'Agence française de développement et l'Union Européenne et mis en œuvre par la Plateforme des ONG européennes au Sénégal)
- Amélioration de la compétitivité de la chaîne de valeur riz au Sénégal (mis en œuvre par la Plateforme des ONG européennes au Sénégal)
- Renforcement de la résilience des ménages vulnérables du département de Vélingara (Casamance) affectés par l'insécurité alimentaire et la malnutrition (mis en œuvre par Agronomes et vétérinaires sans frontières)
- Renforcement de la sécurité alimentaire et nutritionnelle des exploitations familiales du département de Kolda (mis en œuvre par Agronomes et vétérinaires sans frontières)
- Projet d'accélération centré sur la nutrition, à Kolda (mis en œuvre par Heifer International)
- Renforcement des filets sociaux (mis en œuvre par Alianza por la Solidaridad)
- Amélioration de la bonne gouvernance et la citoyenneté dans cinq collectivités de la région de Kolda (mis en œuvre par Fondacié Guné)
- Programme pilote Sénégal (mis en œuvre par Educo)
- Gouvernance environnementale communautaire au Sénégal, à Kolda (mis en œuvre par United Purpose)
- Senegal governance for local development activity, à Kolda (mis en œuvre par World vision)

LES BARRIÈRES ET LACUNES

Le caractère dynamique de la vulnérabilité, souvent influencée par plusieurs facteurs environnementaux, socio-économiques, politiques et institutionnels, rend très complexe toute action d'adaptation aux changements climatiques.

La prise en compte de l'adaptation aux changements climatiques d'un point de vue technique (prise en compte de certains phénomènes tels que les inondations et l'évolution du niveau de la mer entre autres dans la construction de certains ouvrages), mais aussi d'ordre politique (prise en compte des incidences des changements climatiques dans la formulation des politiques et programmes de développement tels que la réduction de la pauvreté, le développement sectoriel, la gestion des ressources naturelles, etc.) demeurent des défis majeurs en raison de nombreux obstacles (CDN, 2017). Les contraintes liées à la planification de l'adaptation au niveau national peuvent être de plusieurs ordres:

- **La faiblesse des capacités techniques et humaines:** l'élaboration des stratégies d'adaptation aux changements climatiques ne peut pas toujours être abordée de manière très précise à cause d'un manque de données, de modélisation et/ou d'études pointues sur les impacts actuels ou attendus. Par ailleurs, les actions conduites pour s'adapter aux changements climatiques s'appuient souvent sur des connaissances et technologies peu à jour, ce qui peut biaiser et même porter préjudice aux résultats de plusieurs stratégies d'adaptation. Cette situation de manque de données ou technologies appropriées se conjugue aussi avec un déficit de techniciens compétents disponibles pour prendre en charge la question de l'adaptation.
- **L'absence de mise en place de stratégies intégrées:** la plupart des réponses apportées aux impacts des changements climatiques sont abordées de manière sectorielle et plus rarement de manière intégrée; or les impacts des changements climatiques affectent l'ensemble de la société et de ses écosystèmes de manière transversale. Les impacts dans un secteur peuvent affecter positivement ou négativement un ou plusieurs autres secteurs, certains pouvant être soumis à des effets indirects. Par ailleurs, il est important de relever le faible soutien des stratégies d'adaptation au niveau local.
- **Les barrières institutionnelles, politiques et législatives et le manque de coordination:** il existe aujourd'hui à travers le pays une grande diversité d'acteurs intervenant dans le domaine des changements climatiques souvent sans une réelle coordination des interventions. Même si l'encadrement juridique sénégalais (Code de l'environnement) dans le domaine de l'environnement et les cadres politiques et stratégiques notamment la lettre de politique du secteur de l'environnement et du développement durable (LPSEDD) et la CDN sont bien pris en compte, leur application reste limitée. À cela s'ajoute la lenteur des procédures législatives quant aux questions environnementales (lois rarement modifiées/ajustées ou prenant du temps pour être effectives) et la faible implication des communautés dans le développement des stratégies.
- **Les opportunités limitées de communication, de formation et la sensibilisation envers les décideurs mais aussi les communautés, dont les plus vulnérables.**
- **Les ressources financières limitées:** le Sénégal reconnaît sa grande vulnérabilité aux impacts des changements climatiques mais alloue paradoxalement une très faible part de son budget aux réponses apportées pour y faire face. Le pays rencontre des difficultés à mobiliser des ressources financières, et l'essentiel des ressources mobilisées proviennent de la coopération bilatérale ou multilatérale.



LES OPTIONS D'ADAPTATION PRIORITAIRES

Dans le cadre de cette étude, des options d'adaptation ont été identifiées en lien avec la vulnérabilité du secteur agricole dans la zone de Kolda. L'agriculture est un secteur clé dans la zone et du fait de sa position géographique et de ses conditions climatiques favorables, des options d'adaptation spécifiques ont déjà été proposées dans des documents récents comme la CDN (2020) et la Contribution prévue déterminée au niveau national (CPDN, 2015). Dans le cadre du projet SAGA, un atelier participatif organisé au niveau régional (Kolda en juillet 2021) a permis de recueillir les idées d'options d'adaptation auprès des acteurs clés de la région notamment les organisations de producteurs(trices), les ONG et les services techniques impliqués dans le secteur de l'agriculture (tableau 7). Ces options d'adaptation font référence à la vision construite par les acteurs selon laquelle «à l'horizon 2050, Kolda sera un modèle d'agriculture résiliente aux changements climatiques et porteur de développement durable».

Une priorisation des options identifiées lors de l'atelier participatif a été faite suivant une matrice multicritère avec une notation de 1 à 5 basée sur:

- la sensibilité au genre;
- la cohérence avec les politiques (PSE, CDN, etc.);
- l'incidence socio-économique;
- l'acceptabilité sociale;
- l'urgence;
- le coût;
- la cible de l'action;
- la zone d'intervention.

Plusieurs options politiques et communautaires ont été identifiées, notamment (i) la sécurisation des conditions alimentaires, (ii) la transformation agroalimentaire, (iii) la maîtrise de l'eau et promotion de l'irrigation locale, (iv) l'adaptation des cultures, (v) la gestion intégrée et durable des terres, (vi) la promotion de l'utilisation de l'information climatique, (vii) la gouvernance, (viii) le renforcement de la transformation agroalimentaire ou (ix) la promotion de l'assurance agricole et la gestion concertée des ressources naturelles.

Tableau 7. Options d'adaptation prioritaires identifiées lors de l'atelier participatif organisé à Kolda en juillet 2021

Rang	Groupe 1	Groupe 2
1	Valorisation des métiers agricoles	Le plaidoyer
2	Utilisation des système d'alerte précoces (SAP)	Élaboration de projets et programmes adaptés aux changements climatiques
3	Récupération et valorisation des eaux pluviales	Appui institutionnel
4	Adaptation des pratiques agricoles	Étude diagnostic (analyse de vulnérabilité)
5	Amélioration de l'accès aux facteurs de production	Renforcements des capacités des producteurs

Le temps nécessaire pour la mise en œuvre des mesures d'adaptation varie considérablement en fonction de plusieurs critères dont l'échelle, le coût, les ressources et les capacités nécessaires pour mettre en œuvre la mesure et surmonter les obstacles. Bien que la plupart des options d'adaptation aux changements climatiques soient caractérisées par le changement des systèmes de production agricole, le renforcement des capacités institutionnelles affecte la vitesse et l'ampleur de l'adoption. Compte tenu des résultats des projections qui révèlent une diminution de la longueur de la saison, du cumul pluviométrique et une hausse des températures, la mise en œuvre de ces options prioritaires est devenue une nécessité. Il est important de souligner qu'en terme d'élaboration de mesures d'adaptation aux changements climatiques des actions sont planifiées à court et moyen termes notamment dans la région de Kolda dans le cadre du PNA ainsi que dans la mise en œuvre du Programme d'accélération de la cadence de l'agriculture sénégalaise (PRACASII) qui constitue le volet agricole du Plan Sénégal émergent (PSE). Ces actions sont articulées autour de deux grands axes que sont: (i) le changement des systèmes de production agricole, et (ii) le renforcement des capacités institutionnelles. Il est également prévu une diversité d'actions dans le cadre de la Nouvelle alliance pour la sécurité alimentaire et la nutrition (NASAN). Ces actions tournent principalement autour de: (i) la préservation/restauration des facteurs de production, (ii) la promotion d'une agriculture irriguée diversifiée, compétitive et durable, (iii) l'amélioration de manière durable de la productivité de l'agriculture pluviale, (iv) le renforcement des capacités techniques et de recherche, y compris le conseil agricole, et (v) la promotion des pratiques de gestion durable des terres, à travers une approche programmatique et plurisectorielle à l'horizon 2026.

5. Conclusions



L'agriculture fait partie des secteurs prioritaires de développement au Sénégal. Cela tient entre autres, à son potentiel pour créer des emplois et lutter contre l'insécurité alimentaire, en particulier en milieu rural. Dans le sud du Sénégal, précisément dans la région de Kolda, l'agriculture reste la principale source de revenus de la majorité de la population. Notamment, la région joue un rôle très important dans l'atteinte des objectifs d'autosuffisance en riz au Sénégal, en particulier le bassin de l'Anambé. Ces activités agricoles font toutefois face aux risques inhérents des changements climatiques, en plus des défis classiques en termes de manque de moyens de production et d'infrastructures. L'agriculture pluviale, principale activité économique de la région, est très exposée aux variations climatiques, ce qui impacte négativement la productivité agricole, les ressources naturelles et par conséquent les populations qui en dépendent.

Évaluer la vulnérabilité du secteur face aux changements climatiques constitue dès lors une étape importante pour mettre en œuvre des stratégies d'adaptation adéquates. En se basant sur approche méthodologique harmonisée entre les partenaires techniques et financiers concernés par le processus d'élaboration du PNA du Sénégal, l'étude a permis d'évaluer l'exposition, la sensibilité, et la capacité d'adaptation des populations ainsi que la vulnérabilité actuelle et future du secteur agricole dans la région de Kolda.

L'évolution climatique du département de Kolda montre une variabilité interannuelle des précipitations (de 700 à 1 500 mm), avec autant d'années humides que d'années sèches et une tendance à la hausse de la température au niveau des trois sites d'étude. Compte tenu des capacités d'adaptation faibles dans les départements de Médina Yoro Foulah et Vélingara et l'exposition

importante notée, les communes situées dans ces zones sont actuellement plus vulnérables aux changements climatiques contrairement aux communes dans le département de Kolda. En ce qui concerne le futur, les résultats des simulations suggèrent que contrairement à la période de référence 1976-2005, une tendance baissière de la pluviométrie est attendue avec plus d'années humides. Par contre la température va connaître une augmentation à l'horizon 2050 passant de 28,5 à 30 °C, soit une hausse d'environ de 1 °C en 44 ans. Les résultats des simulations agronomiques révèlent que les changements climatiques auront par exemple un impact négatif sur la production de maïs, avec des diminutions de rendement pouvant aller jusqu'à 20 pour cent à l'horizon 2035 quel que soit le scénario climatique. Les conséquences au niveau socio-économique seront importantes et vont augmenter la vulnérabilité des trois départements à l'étude dès le scénario RCP4.5. Cette vulnérabilité va s'accroître davantage avec le scénario RCP8.5 dans les mêmes départements. Il s'avère important de mettre en œuvre des politiques d'adaptation adéquates pour le secteur de l'agriculture.

Parmi les options d'adaptation prioritaires identifiées figurent la valorisation des métiers agricoles, le plaidoyer, l'utilisation des systèmes d'alerte précoce, la mobilisation et valorisation des eaux pluviales, la gestion durable des terres ou le renforcement de l'appui institutionnel. Ces propositions sont alignées avec les stratégies d'adaptation prévues dans le volet adaptation de la CDN du Sénégal pour atteindre les engagements du pays dans le cadre de l'accord de Paris. Elles sont également en phase avec la mise en œuvre du Programme d'accélération de la cadence de l'agriculture sénégalaise (PRACASII) qui constitue le volet agricole du Plan Sénégal émergent (PSE). La bonne mise en œuvre de ces options nécessite des moyens techniques et financiers adéquats et une expertise dans les secteurs concernés. Cela requiert un appui institutionnel des autorités nationales et locales et des partenaires internationaux, afin de coordonner efficacement les interventions, d'accéder à plus de ressources financières difficiles à mobiliser et de promouvoir une approche holistique de l'adaptation des secteurs agricoles.

Bibliographie

Ali, A., Lebel, T. et Amani, A. 2008. *Signification et usage de l'indice pluviométrique au Sahel*. Article de recherche. *Sécheresse* 2008; 19 (4): 227-35.

Agence nationale de la statistique et de la démographie (ANSD). 2014. *Rapport définitif du Recensement général de la population et de l'habitat, de l'agriculture et de l'élevage 2013*. 417 p.

Agence nationale de la statistique et de la démographie (ANSD). 2015. *Situation économique et sociale de la région de Kolda 2012*. Pages 29 à 36.

Agence nationale de la statistique et de la démographie (ANSD). 2020. *Situation économique et sociale de la région de Kolda*. Édition spéciale 2017-2018. 152p.

Benoît-Cattin M. et Faye J. 1982. *L'exploitation agricole familiale en Afrique soudano-sahélienne*. Puf, Paris, France, 94 p.

Deme, A., Gaye, A.T. et Hourdin, F. 2015. *Les projections du climat en Afrique de l'Ouest, évidences et incertitudes*. Dans *Les sociétés rurales face aux changements climatiques et environnementaux en Afrique de l'Ouest*. IRD Éditions, pp. 61–87.

Dessai, S. et Hulme, M. 2004. *Does climate adaptation policy need probabilities?* *Climate Policy*, 4:2, 107-128.

Diouck, D. et Kane, A.S. 2016. *Évaluation de la vulnérabilité du Secteur de la biodiversité au climat et de l'adaptation aux changements climatiques dans le cadre de la Contribution déterminées au niveau national*. Rapport final. Ministère de l'environnement et du développement durable. 57p.

Fall, A.A. 2016. *Synthèse des études sur l'état des lieux chaîne de valeur riz en Afrique de l'ouest: Bénin, Burkina Faso, Mali, Niger et Sénégal*. Rapport final. 83 p.

Füssel, H-M. et Klein, R.J.T. 2006. *Climate change vulnerability assessments: an evolution of conceptual thinking*. *Clim Change* 75:301–329. <https://doi.org/10.1007/s10584-006-0329-3>

Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). 2014. *Changements climatiques 2014, L'atténuation du changement climatique*. Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni et New York (État de New York), États-Unis d'Amérique.

Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). 2018. *Résumé à l'intention des décideurs*. Dans: *Rapport spécial du GIEC sur les conséquences d'un réchauffement planétaire de 1,5 °C*. Disponible sur: <https://www.ipcc.ch/sr15/chapter/spm/>

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ). 2015. *Guide de référence sur la vulnérabilité. Concept et lignes directrices pour la conduite d'analyses de vulnérabilité standardisées*

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ). 2014. *A framework for climate change vulnerability assessment*. 186 p.

Guèye, G., Sall, M., Dièye, P. N., Louhounghou, C.E.R. et Sy, I. 2008. *Caractérisation et typologie des exploitations agricoles familiales du Sénégal*. Tome 2. Sénégal Oriental et Haute Casamance. 37 p.

Institut sénégalais de recherche agricole (ISRA), Institut de technologie alimentaire (ITA) et Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (CIRAD). 2005. *Bilan de la recherche agricole et agroalimentaire au Sénégal (1964-2004)*. 520 p.

Jacquot, M. 1966. *Amélioration du maïs à la station IRAT, SEFA, Casamance, Sénégal.* African soils. 11 (1 & 2), 291-298.

Jones, C., Giorgi, F. et Asrar, G. 2011, *The Coordinated Regional Downscaling Experiment: CORDEX—an international downscaling link to CMIP5.* CLIVAR exchanges. 16(2), 34-40.

Kouakou, K.P.M., Muller, B., Fofana, A. et Guisse, A. 2016. *Performances agronomiques de quatre variétés de riz pluvial NERICA de plateau semées à différentes dates en zone soudano-sahélienne au Sénégal.* J Appl Biosci 99:9382–9394.

Kouressy, M., Dingkuhn, M., Vaksman, M. et Heinemann, A. B. 2008. *Adaptation to diverse semi-arid environments of sorghum genotypes having different plant type and sensitivity to photoperiod.* Agricultural and Forest Meteorology, 148(3), 357–371.

McCarthy, J.J., Canziani, O.F., Leary, N.A., Dokken, D.J. et White, K.S. 2001. *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability-Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge.

Meyer, W. 2011. *Measuring: indicators – scales – indices – interpretations.* (Mesurer: indicateurs – échelles – indices – interprétations). In: Stockmann. Cheltenham: Edward Elgar.

Ministère de l'environnement et du développement durable. 2015. *Contribution prévue déterminée au niveau national (CPDN).*

Ministère de l'environnement et du développement durable. 2020. *Contribution déterminée au niveau national (CDN) du Sénégal.* République du Sénégal. 47p.

Moss, R., Edmonds, J., Hibbard, K., Manning, M., Rose, S., van Vuuren, D. et al. 2010. *The next generation of scenarios for climate change research and assessment.* Nature 463, 747–756

Ndiaye, A. 2020. *Contribution à l'écophysiologie du baobab (Adansonia digitata L.) en moyenne et haute Casamance du Sénégal: Cycle phénologique, fonctionnement hydrique et réponse adaptative à la variation pluviométrique saisonnière.* Thèse de doctorat de l'Université Assane Seck. 100p.

Noblet, M. et D'haen, S. 2019. *Guide de bonnes pratiques pour la conduite d'études de vulnérabilité aux changements climatiques en Afrique de l'ouest expériences issues du PAS-PNA au Sénégal.* Berlin.

Organisation de coopération et de développement économique (OCDE). 2008. *Handbook on constructing composite indicators: methodology and user guide.* Technical Report. (Guide pratique sur la construction d'indicateurs composites: méthodologie et guide de l'utilisateur. Rapport technique). Paris. <http://www.oecd.org/std/42495745.pdf>.

PROCAS. 2014. *Programme d'accélération de la cadence de l'agriculture sénégalaise.* Volet agricole du Plan Sénégal émergent (PSE). 105 p.

Sall, M. 2009. *Les systèmes de production dans la région de Kolda (Sénégal): dynamique des innovations à travers l'aviculture villageoise.* 95 p.

Sall, M. 2015. *Les exploitations agricoles familiales face aux risques agricoles et climatiques: stratégies développées et assurances agricoles.* Economies et finances. Université Toulouse le Mirail-Toulouse II. 277 p.

Secrétariat exécutif du conseil national de sécurité alimentaire (SECSNA). 2020. *Enquête nationale sur la sécurité alimentaire, la nutrition et la résilience 2019.* Gouvernement du Sénégal.

Villar, M.P. et Dia, D. 2019. *Le riz pluvial en Casamance et Bassin arachidier.* Rapport de mission, 8-12 Avril 2019. 15 p.

Annexes

ANNEXE 1: MÉTHODOLOGIE D'ÉVALUATION DE LA VULNÉRABILITÉ

Étude de la vulnérabilité actuelle

Vulnérabilité socio-économique

BASE DE SONDAGE ET CALCUL DE LA TAILLE DE L'ÉCHANTILLON

La base de sondage utilisée pour le tirage de l'échantillon est le dernier recensement national qui regroupe l'ensemble des villages ciblés par le projet avec leur nombre de ménages agricoles respectifs. La taille de l'échantillon est calculée dans chacune des deux zones. La marge d'erreur est estimée en utilisant la formule de Cochran pour une population finie. Ainsi, pour un taux d'adoption de 50 pour cent des différentes cultures visées par le projet et une taille d'échantillon fixée à 150 ménages, la marge d'erreur est 7 pour cent.

Enfin, pour chaque zone, l'échantillon tiré est réparti entre les villages concernés en fonction du nombre de ménages recensés comme présenté dans le tableau suivant:

Tableau A1. Échantillonnage effectué dans les trois départements de Kolda

Département	Commune	Village	Échantillon ajusté
Kolda	Salikégné	Salikégné	31
Kolda	Dioulacolon	Diébang	17
Medina Yoro Foulah	Fafacourou	Tahel Demba	05
Medina Yoro Foulah	Medina Yoro Foulah	Nema Taba	09
Medina Yoro Foulah	Pata	Synthiou Coutou	13
Medina Yoro Foulah	Niaming	Niaming	15
Medina Yoro Foulah	Kéréwane	Arafat	15
Vélingara	Paroumba	Temento	15
Vélingara	Wassadou	Bafata Demba	15
Vélingara	Sarré Coly Sallé	Saré Yeroyel	15
		Total	150

MÉTHODE DE SONDAGE

La méthode de tirage adoptée est la méthode aléatoire simple sans remise. En effet, dans chaque village, les ménages agricoles sont tirés aléatoirement à l'aide des listes disponibles auprès du chef de village. Un ménage agricole est une unité de production constituée par l'ensemble des membres d'un groupement familial qui partagent la même cuisine et dont l'aîné assure la charge en y affectant une partie de sa production, en contrepartie du travail que lui allouent les autres membres du groupement selon Benoît-Cattin et Faye (1982).

ORGANISATION DES ENQUÊTES

Le Bureau macro-économique (BAME) de l'ISRA dispose d'une base de données actualisée des enquêteurs avec qui il travaille depuis des années. Ainsi, des enquêteurs sont choisis à partir de cette base à l'occasion de chaque enquête. La responsabilité principale de ces enquêteurs est de recueillir des informations des ménages sélectionnés en s'assurant d'obtenir des informations précises et fiables. Donc la collecte d'informations devrait être faite avec précision et exactitude en évitant les biais. Ces enquêteurs ont été formés sur le questionnaire au préalable pour leur permettre de s'approprier des outils de collecte, de comprendre la lettre et l'esprit des questions et de réaliser l'ensemble des travaux sur le terrain de manière souple et efficace.

Plus spécifiquement il s'agit de:

- amener les enquêteurs à maîtriser le questionnaire;
- amener les participants à remplir correctement les réponses sur les supports de collecte (tablettes);
- s'assurer que les enquêteurs puissent traduire et remplir le questionnaire en langues locales (jeux de rôles);
- s'assurer que les enquêteurs puissent informer les répondants sur le but de l'étude et comment les données seront utilisées;
- s'assurer que les enquêteurs puissent traiter avec sensibilité les thèmes délicats avec les répondants de l'enquête;
- tester le niveau de connaissance des enquêteurs par des exercices pratiques (jeux de rôles) et un test sur le terrain.

Pour cette activité de terrain, quatre enquêteurs ont été recrutés et formés. A la suite de la formation, les enquêteurs sont affectés sur le terrain (deux pour chaque zone) pour la collecte d'informations. La méthodologie d'enquête a consisté en une collecte de données auprès des ménages sur la base d'un questionnaire comportant des sections sur le profil des ménages, la perception des populations vis-à-vis des changements climatiques, la vulnérabilité du secteur agricole et les stratégies d'adaptation. Le choix des personnes enquêtées dans le ménage s'est référé à l'âge, au sexe et à l'implication dans les activités agricoles. Ainsi le chef de ménage (homme ou femme) ou une personne s'activant dans le domaine agricole (d'une manière générale l'aîné) étaient privilégiés. Les services techniques déconcentrés de l'État, notamment les agents de la Direction régionale du développement rural (DRDR), et les autorités municipales des communes concernées ont été également ciblés. Des entretiens suivant un guide d'entretien préétabli et des groupes de discussion auprès de différents groupes socio-professionnels ciblés (jeunes, femmes, personnes âgées) ont été effectués dans les trois sites de l'étude.



Vulnérabilité biophysique

DONNÉES HISTORIQUES DU CLIMAT ET DE RENDEMENTS AGRICOLES

Les données qualitatives issues des enquêtes de terrain sur la perception de la variabilité et du changement climatique par les populations locales ont été complétées par des données quantitatives sur les rendements agricoles des différentes spéculations ciblées dans les zones d'étude. Ces données de rendements en kg/ha agrégées à l'échelle départementale proviennent de la Direction régionale du développement rural (DRDR) de Kolda. Pour les analyses des risques climatiques dans les zones d'étude, les données de températures maximales et minimales et de pluviométrie issues de l'Agence nationale de l'aviation civile et de la météorologie (ANACIM) ont été utilisées pour caractériser la variabilité climatique.

ÉVALUATION DES PERFORMANCES AGRONOMIQUES

Pour étudier les performances agronomiques des systèmes production des grandes cultures à Kolda, des expérimentations ont été mises en place en milieu paysan. Une approche comparative a été utilisée pour évaluer les pratiques paysannes et les mesures conventionnelles indiquées par la recherche scientifique. Dans chacun des dix villages choisis, cinq producteurs ont été sélectionnés, dont trois producteurs qui ont travaillé sur le maïs et deux sur le riz. Une approche de sélection participative impliquant les services techniques et les autorités locales a été adoptée (Images 1 et 2). Afin de prendre en compte le genre, seules des femmes ont été choisies pour la culture du riz. Au total, 50 producteurs soit 50 parcelles ont été choisies au départ avec 32 pour cent de femmes. Mais finalement, seules 37 parcelles (dont 23 parcelles de maïs et 14 en riz) parmi les 50 ont été récoltées, les autres parcelles ont été éliminées pour différentes raisons (inondation liée à la forte pluviométrie, non-respect des recommandations de suivi et de gestion, erreurs lors de la récolte, etc). Sur chaque parcelle de producteur choisie, nous avons mis en place un couple de traitements (T1 et T2) de 25 m² chacun: **T1**: représente la pratique habituelle du producteur (pratique paysanne); **T2**: représente la pratique recommandée de l'ISRA (démariage à deux plants par poquet, trois désherbages, 200 kg/ha de NPK (15-15-15) après le démariage, 150 kg/ha d'urée dont 100 kg/ha au stade tallage et 50 kg/ha à la montaison). Différentes mesures ont été effectuées sur les traitements concernés de chaque parcelle de producteur: travail de préparation du lit de semis (labour, grattage à la houe, etc.), l'apport de matière organique, type de semis (direct, pépinière), date de semis, date de repiquage (pour le riz), date de démariage (pour le maïs), apport d'engrais, dates de sarclage, date de floraison, date de récolte, évaluation du rendement.

Analyse de la vulnérabilité

IDENTIFICATION D'INDICATEURS POUR CHAQUE COMPOSANTE DE LA VULNÉRABILITÉ

L'objectif de l'identification d'indicateurs est d'utiliser des informations quantifiées pour les comparer à des seuils critiques ou des mesures antérieures. Un indicateur permet de quantifier et d'évaluer les facteurs préalablement identifiés dans la chaîne d'impact. De façon générale, les indicateurs sont des paramètres qui fournissent des informations sur des états ou des conditions spécifiques qui ne sont pas directement mesurables (Meyer, 2011). Dans le cadre de cette étude, les indicateurs biophysiques et socio-économiques ont été définis selon chaque système de culture et les conditions agro-climatiques observées dans la zone. Une première identification a été faite sur un ensemble de 50 indicateurs pour les trois composantes de la vulnérabilité. Une approche de sélection par pertinence de l'indicateur sur l'estimation de la vulnérabilité globale a été adoptée. Au final 28 indicateurs ont été retenus pour l'évaluation de la vulnérabilité globale.

Tableau A2. Les indicateurs choisis pour l'évaluation de la vulnérabilité

Composantes de vulnérabilité	Facteurs	Impacts	Indicateurs	
Exposition	Précipitation	Stress hydrique des petites exploitations agricoles	Cumul pluviométrique annuel*	
			Variabilité des pluies	
	Température		Nombre de pauses pluviométriques	
			Température moyenne annuelle*	
			Nombre de jours chauds >40 °C*	
	Évènements climatiques extrêmes	Pertes des récoltes	Inondation	
Vents violents				
Sensibilité	Terre et utilisation de l'eau	Eau pluviale et d'irrigation disponible	Fertilité des sols	
			Évolution des surfaces cultivables*	
	Culture	Les rendements	Performances agronomiques	
			Baisse des rendements*	
Capacité d'adaptation	Pauvreté	Les ressources des ménages	Nombre de repas par jour	
			Revenu du ménage consacré aux besoins de base	
			Stock alimentaire disponible (Spéculations)	
	Économie	Les sources de revenus des ménages	Accès au crédit ou non	
			Autres sources de revenus	
			Moyens techniques	Nombre de parcelles à disposition
				Équipement agricole à disposition
				Main d'œuvre agricole
				Niveau d'instruction du chef de ménage
				Membre d'une organisation paysanne
	Pauvreté des sols et infestations	Amélioration de la sensibilité des cultures	Utilisations de bio-pesticides répulsives ou d'insecticide	
			Utilisation de fumure organique et/ou minérale	
Pratique de la jachère				
Utilisation de semences améliorées				

(*) Indicateurs évalués avec des valeurs métriques, les autres sont caractérisés par des valeurs catégorielles



NORMALISATION DES INDICATEURS

Les indicateurs qui sont mesurés à l'aide d'une échelle métrique comme le cumul pluviométrique, la température moyenne, le nombre de jours pluvieux et chauds ont été normalisés en utilisant la méthode min-max. Cette méthode permet de transformer toutes les valeurs en notes allant de 0 à 1 en soustrayant la note minimum et en la divisant par le champ de valeurs de l'indicateur. La formule suivante est utilisée pour appliquer la méthode min-max:

$$X_i = (X_i - X_{min}) / (X_{max} - X_{min})$$

Où:

X_i représente le point de données individuel à transformer,

X_{min} la valeur la plus faible pour cet indicateur,

X_{max} la valeur la plus élevée pour cet indicateur, et

X_i , 0 à 1 la nouvelle valeur que vous souhaitez calculer, c'est à dire les points de données normalisés à l'intérieur du champ de 0 à 1. La valeur 1 correspondra à la région ayant la valeur maximale et la valeur 0 à la région ayant la valeur minimale.

La normalisation des valeurs d'indicateurs catégoriels a été faite par l'application d'un système d'évaluation en cinq classes. Pour préparer l'agrégation des valeurs de l'indicateur, toutes les valeurs des indicateurs ont été transformées en valeurs entre 0 et 1 à l'aide du tableau de correspondance (tableau A3). Tous les indicateurs choisis ont un impact important sur la vulnérabilité, ainsi aucune pondération n'est effectuée.

Tableau A3. Transformation de valeurs normalisées des indicateurs sur une échelle catégorielle en un champ de valeur de 0 à 1 (GIZ, 2015)

No. de classe	Valeur dans un champ de 0 à 1	Description	Valeur métrique dans un champ de 0 à 1
1	0 – 0.2	Optimale (pas d'amélioration nécessaire ou possible)	0.1
2	0.2 – 0.4	Plutôt positive	0.3
3	0.4 – 0.6	Neutre	0.5
4	0.6 – 0.8	Plutôt négative	0.7
5	0.8 – 1	Critique (le système ne fonctionne plus)	0.9

AGRÉGATION DES INDICATEURS

Une fois que les indicateurs d'une composante de la vulnérabilité ont été évalués, ils sont intégrés dans les trois composantes de la vulnérabilité: l'exposition, la sensibilité et la capacité d'adaptation. La littérature sur le sujet couvre diverses méthodes d'agrégation, chacune ayant leurs forces et leurs faiblesses. Pour agréger des indicateurs individuels et obtenir des indicateurs composites, le guide de référence sur la vulnérabilité (GIZ, 2015), recommande d'utiliser une méthode appelée «agrégation arithmétique». Il s'agit d'une méthode d'agrégation courante, simple et

transparente. Pour calculer l'indicateur composite (IC) d'une composante de la vulnérabilité, les indicateurs individuels sont multipliés par leurs coefficients respectifs, additionnés, puis divisés par la somme de l'ensemble de leurs coefficients, comme indiqué dans la formule suivante:

$$IC=(I1+I2+\dots In)/n$$

Où IC est l'indicateur composite, c'est à dire la sensibilité, I est un indicateur individuel d'une composante de la vulnérabilité, comme par exemple l'utilisation des terres.

AGRÉGATION DES COMPOSANTES DE LA VULNÉRABILITÉ

Agréger l'exposition et la sensibilité en impact potentiel: Après avoir obtenu un indicateur composite pour les deux composantes de la vulnérabilité, l'exposition et la sensibilité, ces dernières sont combinées pour former la composante de la vulnérabilité appelée impact potentiel. Ici on a appliqué à nouveau l'agrégation arithmétique pondérée pour calculer l'indicateur composite d'impact potentiel à l'aide de la formule suivante:

$$IP=Ex+Se$$

... où IP est l'indicateur composite de l'impact potentiel, Ex est la composante exposition, Se est la composante sensibilité.

Agréger l'impact potentiel et la capacité d'adaptation: La dernière étape a consisté à agréger l'indicateur composite d'impact potentiel avec la capacité d'adaptation, de façon à aboutir à un indicateur composite de la vulnérabilité du système étudié. Ici à nouveau on applique l'agrégation arithmétique:

$$V=IP-CA$$

... où V est l'indicateur composite de la vulnérabilité, IP est l'indicateur composite d'impact potentiel, Ca est la composante de la vulnérabilité capacité d'adaptation.

Étude de la vulnérabilité future

Données et méthodes

DONNÉES CLIMATIQUES

Dans cette étude nous avons utilisé les jeux de données suivantes:

- les données du Climate hazards group infrared precipitation with station data (CHIRPS): ce sont des données de précipitations issues de satellites recalées à l'aide de stations pluviométriques au sol. Elles ont une résolution horizontale de 0.05° (c'est à dire $5\text{km}\times 5\text{km}$) et une résolution temporelle journalière. Les données couvrent la période 1981-2015.
- les données du Climatic research unit (CRU): elles contiennent entre autres des données de précipitations, températures maximales et minimales. Ces données sont quadrillées sur une grille horizontale de 0.5° (c'est à dire $50\text{km}\times 50\text{km}$) avec une résolution temporelle mensuelle, de 1901 jusqu'à aujourd'hui.
- les données des modèles climatiques globaux CMIP5: les modèles qui sont utilisés dans cette étude sont corrigés et désagrégés sur une grille horizontale de 0.5° . Les corrections ont porté principalement sur la position de la zone de convergence intertropicale, en Afrique de l'Ouest, qui est simulée trop au sud dans la plupart des modèles à



cause d'une anomalie chaude des températures de surface de la mer dans l'océan atlantique équatorial (Famien et al., 2018). Les corrections de biais ont été obtenues en se basant sur la méthode de transformation de fonction de distribution cumulative (notée CDF-t). Cette correction a été faite en utilisant les données d'observation EWEMBI allant de 1979 à 2005. Les modèles ont une résolution temporelle journalière et couvrent la période 1950-2005 pour l'historique et 2006-2099 pour les projections. Ils ont été obtenus grâce à une collaboration entre le projet Analyse multidisciplinaire de la mousson africaine 2050 (AMMA2050) et le Projet d'appui scientifique aux processus de Plans nationaux d'adaptation (PAS-PNA). Nous avons utilisé au total 29 simulations des modèles globaux qui contiennent chacune sept variables climatiques corrigées (précipitations, température moyenne de surface, température maximale et minimale, rayonnement solaire, humidité relative et vent de surface). Dans cette étude sur l'exposition nous utilisons uniquement les données de précipitations et de températures maximales et minimales.

Deux scénarios (RCP4.5 et RCP8.5) parmi les quatre du cinquième rapports du GIEC (2014) décrits par Moss et al. (2010) ont été utilisés pour caractériser les changements futurs par rapport à la période historique de référence (1976-2005). En effet, au rythme actuel des émissions, le seuil de réchauffement global de +1,5 °C par rapport à la période préindustrielle sera atteint entre 2030-2052 (GIEC, 2018). Les voies reflétant l'ambition actuelle d'atténuation au niveau national jusqu'en 2030 sont globalement cohérentes avec des voies rentables qui entraînent un réchauffement climatique d'environ 3 °C d'ici à 2100, avec un réchauffement se poursuivant ensuite (confiance moyenne). Ces réchauffements de 1.5 °C vers 2040 et 3 °C vers 2099 justifie le choix de nos deux scénarios. Le scénario RCP4.5, dit scénario moyen bas, correspond au cas où les émissions de CO2 atteignent un maximum peu avant 2050. Le scénario RCP8.5, dit scénario pessimiste, correspond au cas où les émissions de gaz à effet de serre s'intensifient au long du XXIème siècle. Tous les changements potentiels des différents indicateurs ont été calculés par rapport à la période de référence.

Méthode d'analyse de la vulnérabilité

ANALYSE DE L'EXPOSITION FUTURE

L'étude de l'exposition passée et future est basée principalement sur le calcul et l'analyse d'indicateurs climatiques moyennés dans les zones de l'étude. Ces indicateurs sont:

- le cumul pluviométrique annuel;
- l'indice pluviométrique standardisé (IPS);
- nombre de jours chauds (température > 40 °C);
- températures moyennes annuelles.

Pour le cumul pluviométrique, l'IPS, les températures moyennes, le nombre de jours pluvieux et le nombre de jours chauds nous utiliserons principalement la moyenne d'ensemble des 29 modèles climatiques disponibles sur le Géoportail Sénégal CLIMAP¹ (annexe 3). Par contre pour la modélisation des cultures nécessitant des données journalières, les données CHIRPS seront utilisées. L'analyse de l'exposition future s'est faite en définissant l'horizon 2050 (2036-2065) comme horizon de projection. Elle s'appuie sur les évolutions temporelles d'anomalies des indicateurs climatiques cités ci-dessus en utilisant les 29 simulations de changements climatiques.

¹ <https://ret1.teledetection.fr/climap/proj/> L'élaboration de CLIMAP a été appuyée par l'Agence nationale de l'aviation civile et de la météorologie (ANACIM), le Centre de suivi écologique, l'Agence française de développement, l'Institut de recherche pour le développement, le Centre national de la recherche scientifique, le ministère français de la transition écologique et AMMA-2050 (analyse multidisciplinaire de la mousson africaine).

ANALYSE DE LA CAPACITÉ D'ADAPTATION

Une approche essentiellement basée sur la considération de scénarios socio-économiques, suivie d'élaboration de scénarios d'indicateurs de capacité adaptative pour la période future à l'échelle départementale, a été adoptée. L'adoption d'une telle approche peut être justifiée par la grande incertitude inhérente à l'évolution des déterminants de la capacité adaptative du secteur (Metzger, 2005). A partir des indicateurs de capacité adaptative de référence, deux scénarios d'indicateurs de capacité adaptative dans le même sens que ceux du GIEC (RCP4.5 et RCP8.5) ont été élaborés pour chacun des départements. Les indicateurs choisis au cours du processus d'analyse multicritères sont susceptibles d'être influencés par les vecteurs de changement considérés dans la définition des familles d'émission de GES, notamment RCP4.5 et RCP8.5. Une pondération des indicateurs a été faite suivant les connaissances actuelles sur les potentialités de chaque indicateur de contribuer à l'adaptation aux changements climatiques futurs (tableau A4). Il est important de noter que les pondérations doivent être considérées comme des jugements de valeur (OCDE, 2008).

Pour élaborer ces scénarios de capacité adaptative, les étapes suivantes ont été effectuées:

- Identification des indicateurs (tableau A4) de référence susceptibles d'être influencés par les vecteurs de changement au cours de la période future;
- De nouvelles valeurs ont été calculées avec une pondération définie sur la base de l'éventuelle influence des changements climatiques sur les indicateurs retenus;
- Calcul des scénarios d'indicateurs à l'aide de la même formule utilisée dans le calcul des indicateurs de capacité adaptative pour la période de référence.

Tableau A4. Pondération des déterminants de capacité adaptative future

Déterminants de capacité adaptative	RCP4.5	RCP8.5
Revenu du ménage consacré aux besoins de base	1.5	3
Stock alimentaire disponible (Spéculation)	1.5	3
Accès au crédit ou non	1	1
Autres sources de revenus	1	1
Nombre de parcelles à disposition	2	4
Main d'œuvre agricole	1.5	3
Utilisation de semences adaptées	2	3

ANALYSE DE LA SENSIBILITÉ

Dans le cadre de l'évaluation de la vulnérabilité future du secteur agricole dans la région de Kolda, une étude de l'évolution des rendements a été effectuée avec les modèles de simulation de la croissance des cultures:

- SARRA-H (Système d'analyse régionale des risques agro-climatiques-H) développé par le Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (CIRAD);
- DSSAT (Decision support system for agrotechnology transfer) (Jones et al., 2003).



La calibration et la validation du modèle SARRA-H sur le maïs ont été effectuées grâce à des travaux de recherche développés dans le cadre du projet AMMA2050 à l'échelle de l'Afrique de l'Ouest (Voir Kouressy et al. (2008) pour plus de détails). Dans le cadre de cette étude, la variété à cycle court a été utilisée pour effectuer les projections à l'aide des moyennes d'ensemble de 29 modèles climatiques issus du projet CMIP5 et disponible sur le Geoportal CLIMAP. Le modèle DSSAT a été calibré et validé sur des variétés de riz pluvial de plateau choisies sur la base de leur potentiel de rendement grains, de la longueur de leur cycle (variétés à cycle court), de la disponibilité en semences et de leur aptitude à bien se développer dans des zones à pluviométrie annuelle minimale de 600 mm et présentant des risques de sécheresse au cours du cycle cultural. De toutes les variétés étudiées, les NERICA ont eu les meilleures performances, c'est pourquoi dans cette étude nous avons choisi les variétés NERICA 8 et 11 (voir Kouakou et al. (2016) pour plus de détails sur le processus de calage et de validation). Les projections avec le modèle DSSAT ont été faites à l'aide des moyennes d'ensembles des données climatiques journalières CHIRPS.

ANALYSE DE LA VULNÉRABILITÉ

La vulnérabilité future a été évaluée suivant le même processus que la vulnérabilité actuelle avec le calcul d'indicateurs composites d'exposition, de sensibilité, d'impact potentiel et de capacité d'adaptation. Une pondération des composantes en fonction des scénarios est également effectuée, en raison de l'importance de chacune dans la détermination de la vulnérabilité (tableau A5). Contrairement à l'exposition, la sensibilité et l'impact potentiel, la capacité d'adaptation a, par définition, une influence positive sur la vulnérabilité, ainsi une valeur de capacité d'adaptation élevée a le potentiel de compenser en grande partie une valeur d'impact élevée. Il en résulte une vulnérabilité faible en dépit d'un fort impact potentiel. Il n'est pas toujours nécessaire d'obtenir une valeur explicite de la vulnérabilité. Il suffira parfois d'identifier les domaines qui ont un fort impact potentiel et une faible capacité d'adaptation (domaines particulièrement vulnérables).

Tableau A5. Pondération des composantes de la vulnérabilité future

Composante de vulnérabilité	Scénario RCP4.5	Scénario RCP8.5
Exposition	2	4
Sensibilité	1	2
Capacité d'adaptation	1	2

ANNEXE 2: LES INDICATEURS D'EXPOSITION, DE SENSIBILITÉ ET DE CAPACITÉ D'ADAPTATION CALCULÉS

Composantes de vulnérabilité	Facteurs	Impacts	Indicateurs	Kolda	Médina Yoro Foulah	Vélingara
Exposition	Précipitation	Stress hydrique des petites exploitations agricoles	Cumul pluviométrique annuel	0.46	0.50	0.47
			Variabilité des pluies	0.70	0.70	0.70
			Nombre de pauses pluviométriques	0.50	0.70	0.50
	Température		Température moyenne annuelle	0.43	0.42	0.43
			Nombre de jours chauds >40 °C	0.56	0.55	0.41
	Évènements climatiques extrêmes	Pertes pré et post-récolte	Inondation	0.70	0.70	0.90
			Vents violents	0.70	0.70	0.50
Sensibilité	Terre et utilisation de l'eau	Eau pluviale et d'irrigation disponible	Variation du niveau de la nappe et qualité	0.00	0.00	0.00
			Fertilité des sols	0.90	0.90	0.90
			Évolution des surfaces cultivables	0.70	0.90	0.70
	Culture	Les rendements	Performances agronomiques	0.50	0.50	0.70
			Baisse des rendements	0.70	0.70	0.90
Capacité d'adaptation	Pauvreté	Les ressources des ménages	Nombre de repas par jour	0.50	0.50	0.70
			Revenu du ménage consacré aux besoins de base	0.50	0.30	0.30
			Stock alimentaire disponible (Spéculations)	0.50	0.50	0.50
	Économie	Les sources de revenus des ménages	Accès au crédit ou non	0.30	0.30	0.30
			Autres sources de revenus	0.50	0.30	0.50
	Moyens techniques		Nombre de parcelles à disposition	0.30	0.70	0.70
			Équipement agricole à disposition	0.30	0.30	0.30
			Main d'œuvre agricole	0.50	0.70	0.50
			Niveau d'instruction du chef de ménage	0.50	0.30	0.30
			Membre d'une organisation paysanne	0.70	0.30	0.30
	Pauvreté des sols et infestations	Amélioration de la Sensibilité des cultures	Utilisations de bio-pesticides répulsives ou d'Insecticide	0.50	0.70	0.50
			Utilisation de fumure organique et/ou minérale	0.50	0.50	0.50
			Pratique de la jachère	0.50	0.50	0.50
Utilisation de semences améliorées			0.50	0.50	0.50	

Les indicateurs avec *ont des valeurs métriques, les autres sont issues de classes catégorielles



ANNEXE 3: LISTE DES MODÈLES CLIMATIQUES UTILISÉS

Nom du modèle	Détails
ACCESS1-0	Australian Community Climate and Earth System Simulator 1.0. https://confluence.csiro.au/display/ACCESS
ACCESS1-3	Australian Community Climate and Earth System Simulator 1.3. https://confluence.csiro.au/display/ACCESS
bcc-csm1-1	Beijing Climate Center Climate System Model. Version 1.1. Modèle basé sur NCAR CCSM2.0.1. http://forecast.bccesm.ncc-cma.net/web/channel-43.htm
bcc-csm1-1-m	BCC_CSM1.1(m) est basé sur la version 1.1 du Beijing Climate Center Climate System Model version 1.1 avec une résolution modérée de la composante atmosphérique. http://forecast.bccesm.ncc-cma.net/web/channel-63.htm
BNU-ESM	Modèle de la Beijing Normal University. http://esg.bnu.edu.cn/BNU_ESM_webs/htmls/
CanESM2	Canadian Centre for Climate Modelling and Analysis. Deuxième génération. http://climate-modelling.canada.ca/climatemodeldata/cgcm4/CanESM2/index.shtml
CMCC-CESM	Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici Earth System Model (Italy). https://www.cmcc.it/models/cmcc-esm-earth-system-model
CMCC-CM	Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici Climate Model (Italy). https://www.cmcc.it/models/cmcc-cm
CMCC-CMS	Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici Climate Model (Italy).
CNRM-CM5	Centre national pour la recherche météorologique (France). CNRM-CM5 est composé de plusieurs modèles climatiques développés indépendamment et couplés avec le logiciel OASIS développée au CERFACS. https://www.umr-cnrm.fr/spip.php?article126
CSIRO-Mk3-6-0	Partenariat entre le Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO) et le Queensland Climate Change Centre of Excellence (QCCCE). https://confluence.csiro.au/public/CSIROMk360
GFDL-CM3	Geophysical Fluid Dynamics Laboratory (GFDL) (Princeton, États-Unis d'Amérique). https://www.gfdl.noaa.gov/coupled-physical-model-cm3/
GFDL-ESM2G	Geophysical Fluid Dynamics Laboratory (Princeton, États-Unis d'Amérique). Les modèles du GFDL diffèrent principalement par leur composante physique de l'océan. Dans ESM2G, un modèle à isopycnes développé indépendamment et utilisant la base de code Generalized Ocean Layer Dynamics (GOLD) a été utilisé. https://www.gfdl.noaa.gov/earth-system-model/
GFDL-ESM2M	Geophysical Fluid Dynamics Laboratory (Princeton, États-Unis d'Amérique) Earth System Model. Les modèles du GFDL diffèrent principalement au niveau de la composante océanique physique. Dans ESM2M, les coordonnées verticales basées sur la pression sont utilisées en suivant le chemin de développement de la version 4.1 du Modular Ocean Model du GFDL. https://www.gfdl.noaa.gov/earth-system-model/
HadGEM2-AO	Met Office (Royaume-Uni). Composante atmosphérique uniquement. https://portal.enes.org/models/earthsystem-models/metoffice-hadley-centre/hadgem2-es

HadGEM2-ES	Met Office (UK) climate prediction model HadGEM2 family - Earth System. https://portal.enes.org/models/earthsystem-models/metoffice-hadley-centre/hadgem2-es
HadGEM2-CC	Met Office (Royaume-Uni). Cycle du carbone. Les principales différences par rapport à HadGEM2-ES sont l'inclusion d'un schéma de traînée des ondes gravitationnelles non orographique, la production de vapeur d'eau stratosphérique à partir de l'oxydation du méthane et la suppression de la composante interactive de chimie troposphérique. https://portal.enes.org/models/earthsystem-models/metoffice-hadley-centre/hadgem2-es
inmcm4	Russian Institute for Numerical Mathematics. Version 4. http://www.gliisacclimate.org/node/2220
IPSL-CM5A-LR	Institut Pierre-Simon Laplace (France), basse résolution. https://cmc.ipsl.fr/ipsl-climate-models/ipsl-cm5/
IPSL-CM5A-MR	Institut Pierre-Simon Laplace (France), moyenne résolution. https://cmc.ipsl.fr/ipsl-climate-models/ipsl-cm5/
IPSL-CM5B-LR	Institut Pierre-Simon Laplace (France), basse résolution. https://cmc.ipsl.fr/ipsl-climate-models/ipsl-cm5/
MIROC5	Nouvelle version du modèle atmosphère-océan développé de façon collaborative par la communauté scientifique japonaise. http://www.icesfoundation.org/Pages/ScienceItemDetails.aspx?siid=181
MIROC-ESM	https://www.researchgate.net/profile/Toshihiko_Takemura/publication/261672318_MIROC-ESM_2010_model_description_and_basic_results_of_CMIP5-20c3m_experiments/links/0f317534f515c34d0e000000/MIROC-ESM-201
MIROC-ESM-CHEM	MIROC-ESM-CHEM est une version couplée chimie-atmosphère du modèle MIROC-ESM. https://www.researchgate.net/profile/Toshihiko_Takemura/publication/261672318_MIROC-ESM_2010_model_description_and_basic_results_of_CMIP5-20c3m_experiments/links/0f317534f515c34d0e000000/MIROC-ESM-201
MPI-ESM-LR	Max-Planck-Institut für Meteorologie (Allemagne). Basse resolution. https://www.mpimet.mpg.de/en/science/models/mpie-sm/
MPI-ESM-MR	Max-Planck-Institut für Meteorologie (Allemagne). Moyenne résolution. https://www.mpimet.mpg.de/en/science/models/mpie-sm/
MRI-CGCM3	Meteorological Research Institute (MRI), Japan Meteorological Agency. Le MRI-CGCM3 est composé de modèles terre-atmosphère, aérosols et océan-glace, et est un sous-modèle du modèle MRI-ESM1, un modèle de système Terre du MRI. https://www.jstage.jst.go.jp/article/jmsj/90A/0/90A_2012-A02/_article
MRI-ESM1	Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency. Version 1. http://www.mri-jma.go.jp/Publish/Technical/DATA/VOL_64/index_en.html
NorESM1-M	Modèle de système Terre norvégien. https://www.geosci-model-dev.net/6/687/2013/gmd-6-687-2013.html



ANNEXE 4: LES INDICATEURS DE SENSIBILITÉ CALCULÉS POUR LES DIFFÉRENTES COMPOSANTES DE LA VULNÉRABILITÉ

Composantes de vulnérabilité	Facteurs	Impacts	Indicateurs	Kolda	Médina Yoro Foulah	Vélingara
Exposition	Précipitation	Stress hydrique des petites exploitations agricoles	Cumul pluviométrique annuelle*	0.46	0.5	0.47
			Variabilité des pluies	0.7	0.7	0.7
			Nombre de pauses pluviométriques	0.5	0.7	0.5
	Température		Température moyenne annuelle*	0.43	0.42	0.43
			Nombre de jours chauds >40 °C*	0.56	0.55	0.41
			Evènements climatiques extrêmes	Inondation	0.7	0.7
Vents violents	0.7	0.7		0.5		
Sensibilité	Terre et utilisation de l'eau	Eau pluviale et d'irrigation disponible	Variation du niveau de la nappe et qualité	0	0	0
			Fertilité des sols	0.9	0.9	0.9
			Évolution des surfaces cultivables*	0.7	0.9	0.7
	Culture		Performances agronomiques	0.5	0.5	0.7
			Baisse des rendements*	0.7	0.7	0.9
Capacité d'adaptation	Social	Les ressources des ménages	Nombre de repas par jour	0.5	0.5	0.7
			Stock alimentaire disponible (Spéculations)	0.5	0.5	0.5
	Économie	Les sources de revenus des ménages	Accès au crédit ou non	0.3	0.3	0.3
			Revenus du ménage consacrés aux besoins de base	0.5	0.3	0.3
	Institutionnel		Accès aux infrastructures de base	0.5	0.3	0.5
	Humain	Moyens techniques	Niveau d'instruction du chef de ménage	0.5	0.3	0.3
			Membre d'une organisation paysanne	0.7	0.3	0.3
	Physique / Naturel	Amélioration de la sensibilité des cultures	Utilisations de Bio-pesticides répulsives ou d'Insecticide	0.5	0.7	0.5
			Utilisation de fumure organique et/ou minérale	0.5	0.5	0.5
			Pratique de la jachère	0.5	0.5	0.5
			Utilisation de semences améliorées	0.5	0.5	0.5
			Nombre de parcelles à disposition	0.3	0.7	0.7
			Équipement agricole à disposition	0.3	0.3	0.3
Main d'œuvre agricole			0.5	0.7	0.5	

ANNEXE 5: FICHE D'ENQUÊTE UTILISÉE

Fiche d'enquête individuelle – Agriculture

Numéro: Date de l'enquête: .../.../... Localité

Quartier: Heure de début: Heure de fin:

I. PROFIL SOCIO-ÉCONOMIQUE

Nom et prénom du répondant:

Le répondant est-il le chef du ménage? (1 = Oui, 0 = Non)

Lien avec le chef de ménage dans le cas contraire:

Âge du chef de ménage:

Sexe: (1 = Homme, 0 = Femme)

Situation matrimoniale: (1 = Célibataire, 2 = Marié(e), 3 = Veuf(ve), 4 = Séparé(e)/Divorcé(e))

Nombre de personnes en charge:

Niveau d'instruction en français du chef de ménage: (1 = Aucun niveau, 2 = Niveau primaire, 3 = Niveau Moyen, 4 = Secondaire, 5 = Supérieur)

ACTIVITÉ PROFESSIONNELLE

Quelles étaient vos principales activités par ordre d'importance les 10 années passées ?

1. Agriculture 2. Élevage 3. Commerce 4. Artisanat 5. Autre

Précisez:

Quelle est votre principale activité actuelle ?

1. Agriculture 2. Élevage 3. Commerce 4. Artisanat 5. Autre

Précisez:

Quelle est votre principale activité secondaire ?

1. Agriculture 2. Élevage 3. Commerce 4. Artisanat 5. Autre

Précisez:



Exercez-vous cette activité depuis les années 2000 ? 1. Oui 2. Non

Quelles sont les raisons qui vous ont poussé à pratiquer cette activité ?

- 1. Pluviométrie
- 2. Alimentation
- 3. Fertilité des sols
- 4. Activité rentables
- 5. Autres

Nombre d'années d'expérience:

Exercez-vous votre activité principale durant toute l'année ? 1 oui 2 non

FONCIER

De combien de parcelles disposez-vous ?..... **La superficie totale ?**.....

Comment avez-vous acquis la(les) parcelle(s) ?

- 1. Héritage
- 2. Don
- 3. Prêt
- 4. Autres

Précisez:

APPARTENANCE À UNE ORGANISATION

Etes-vous membre d'une organisation ?

(1 = Oui, 2 = Plus à l'heure actuelle, 3 = Je n'ai jamais été membre)

Si oui répondre aux questions suivantes:

Type d'organisation (Code 1)	Quel était votre motivation pour être membre de l'association? (Code 2)	Depuis combien d'années êtes-vous membre (années)?	Statut du membre 1=membre simple 2=responsable
Si statut = 2, quelle responsabilité occupez-vous?	L'association est-elle encore fonctionnelle? 1 = Oui 2 = Non	Quels sont les avantages à être membre de l'association /groupement ? (Code 2)	Quelles obligations avez-vous dans l'organisation? (Les réponses peuvent être multiples) (Code 3)

Code 1: 1 = Organisation paysanne; 2 = Plateforme d'innovation; 3 = Association culturelle; 4 = Association politique; 5 = Association religieuse; 6 = ONG, 7 = GIE, 8 = Coopérative; 9 = Interprofession; 10 = Union de commerçants; 11 = Fédération des commerçants; 12 = groupement des exportateurs; 13 = Fédération des exportateurs; 12 = Autre (spécifier)

Code 2: 1 = Accès facile au crédit; 2 = Transport collective de la production , 3 = Conseil sur les techniques de vente, 4 = Conseil sur les prix, 5 = Contrôle de qualité du produit, 6 = Acquisition d'emballages, 7 = Achat groupé du produit, 8 = Autre (spécifier)

Code 3: 1 = Droits d'adhésion; 2 = Cotisations; 3 = Participation aux réunions; 4 = Respect des engagements; 5 = Autres à spécifier

II. ÉQUIPEMENTS AGRICOLES

	2019-2020 (12 derniers mois)						
	Accès	Utilisation	Possédé		Loué		Emprunt
	Nombre à disposition	Nombre utilisé dans le cadre des activités de production	Nombre	Prix en francs CFA (dernière unité achetée)	Nombre	Prix (francs CFA/mois)	Nombre empruntés
Capital fixe							
Charrue							
Semoir							
Tracteur							
Rayonneur							
Daba							
Houe							
Hillère							
Arrosoir							
Pelles							
Rateaux							
Transplantoire							
Serfouette							

III. MAIN D'ŒUVRE

Rubrique	Utilisez-vous ce type de main d'œuvre	Main d'œuvre familiale			Main d'œuvre salariée			Mode de paiement	Fréquence des paiements	Montant total de la rémunération
		1=Oui 2=Non	Nombre de personnes	Nombre de jours/an	Nombre de femmes	Nombre de personnes	Nombre de jours/an			
CSF	Employés permanents									francs CFA
	Employés temporaires									
CSC	Employés permanents									
	Employés temporaires									



IV. COUT DE PRODUCTION

Tableau 1. Coût, production et vente en contre saison froide

	Autres à préciser	Mais, chou, gombo, haricot, aubergine douce, aubergine amère	Niébé	Arachide	Pomme de terre	Tomate	Oignon	Spécifications
								Superficie emblavée
								Coût total semences
								Coût total engrais et produits phyto
								Coût produit phytp
								Type d'engrais (code 1)
								Quantité engrais
								Quantité engrais
								Quantité totale (kg) récoltée
								Coût global en eau
								Coût total énergie
								Quantité vendue en kg
								Prix en francs CFA
								Quantité consommée (kg)
								Quantité gardée pour les semis (semence) (kg)
								Vendu pour financer les intrants (kg)
								Quantité troquée ou échangée pour autres biens (kg)
								Pertes post-récoltes (kg)
								Dons en nature
								Autres (préciser) (kg)

Tableau 2. Coût, production et vente en contre saison chaude

Autres à préciser	Mais, chou, gombo, haricot, aubergine douce, aubergine amère	Niébé	Arachide	Pomme de terre	Tomate	Oignon	Spécifications
							Superficie emblavée
							Coût total semences
							Coût total engrais et produits phyto
							Coût produit phyto
							Type d'engrais (code 1)
							Quantité engrais
							Quantité engrais
							Combien de fois appliquez-vous la fumure (2)
							Précisez la période d'apport durant le cycle culturale
							Quantité totale (kg) récoltée
							Coût global en eau
							Coût total énergie
							Quantité vendue en kg
							Prix en francs CFA
							Quantité consommée (kg)
							Quantité gardée pour les semis (semence) (kg)
							Vendu pour financer les intrants (kg)
							Quantité troquée ou échangée pour autres biens (kg)
							Pertes post-récoltes (kg)
							Dons en nature
							Autres (préciser) (kg)

1. Code: 1 = Organique; 2 = Minéral; 3 = Biofertilisant; 4 = Aucun

2. Code: 1 = Deux semaines après semis; 2 = Trois semaines après semis; 3 = Un mois après semis



V. SÉCURITÉ ALIMENTAIRE

Votre production agricole suffit-elle pour subvenir à vos besoins alimentaires ? 1. Oui 2. Non

Si non comment faites-vous pour subvenir à vos besoins alimentaires ?

.....

.....

Habituellement, combien de repas quotidiens prennent les membres du ménage ?

Actuellement le ménage dispose-t-il de stocks alimentaires pour chacune des spéculations suivantes: riz, maïs, mil, sorgho, niébé, arachide, fonio, oignon, pomme de terre, tomate...?

	Non: 0 Oui: 1	Quantité (kg) Si ne sait pas mettre 000
Riz	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
Mil	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
Sorgho	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
Maïs	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
Arachide	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
Niébé	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
Fonio	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
Oignon	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
Pomme de terre	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
Tomate	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
Autres, à préciser:.....	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>

Si «Non» partout, aller à la question suivante

Environ combien de semaines de consommation le stock cumulé de céréales (mil, maïs, sorgho, riz et fonio) et de légumes disponible pourrait-il assurer ?

Céréales:

.....

.....

Légumes:

.....

.....

Stratégies d'adaptation alimentaire et basées sur les moyens d'existences:

Au cours des 30 derniers jours, le ménage a-t-il eu à recourir à l'une des stratégies suivantes à cause de difficultés alimentaires ?		Oui: 1 Non, ce n'est pas nécessaire: 2 Non, j'ai déjà utilisé cette stratégie sans succès: 3
1	Vendre plus d'animaux que d'habitude sur une base durable	___
2	Réduire les dépenses de santé et/ou d'éducation	___
3	Réduire les dépenses de soutien à la production agro-sylvo-pastorale et halieutique	___
4	Emprunter de l'argent pour acheter de la nourriture	___
5	Vendre des biens productifs ou actifs du ménage (charrues, semoirs, véhicule de transport, etc.)	___
6	Vendre le bétail	___
7	Vendre des terres de culture	___
8	Migration de membres de la famille	___
9	Consommer des semences destinées à la prochaine campagne agricole	___
10	Pratique de la chasse/cueillette de fruits sauvages	___
11	Activités extra-agricoles	___

APPRÉCIATION DE LA VARIABILITÉ DU CLIMAT ET DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES:

Pluie:

Selon votre expérience, les saisons sont-elles de plus en plus: 1. Pluvieuses 2. Sèches

Les pluies sont-elles de plus en plus variables ? 1. Oui 2. Non

Nombre de séquences sèches par saison:

Avant:

Actuel:

Durée des séquences sèches:

Avant:jours

Actuel:jours

Température:

Fait-il de plus en plus chaud ? 1. Oui 2. Non

Les hivernages sont de plus en plus chauds ? 1. Oui 2. Non



Paramètres de la saison:

Quel mois correspond au début d'hivernage ?

AVANT

Mai
Juin
Juillet

ACTUEL

Mai
Juin
Juillet

Quel mois correspond à la fin d'hivernage ?

AVANT

Août
Septembre
Octobre

ACTUEL

Août
Septembre
Octobre

Quels sont les indicateurs de début de saison ?

1. Température 2. Humidité 3. Nuage 4. Vent 5. Autres

Quels sont les indicateurs de fin de saison ?

1. Température 2. Humidité 3. Nuage 4. Vent 5. Autres

Quels sont les indicateurs d'une bonne saison ?

1. Pluviométrie 2. Température 3. Autres

Quels sont les indicateurs d'une mauvaise saison ?

1. Pluviométrie 2. Température 3. Autres

Évènements extrêmes:

Quelle est l'intensité des pluies ?

- a) De plus en plus forte
b) De plus en plus faible

Quelles en sont les conséquences ?

Si la réponse est **a**: 1. Inondation 2. Pertes post récolte 3. Autres à préciser
Si la réponse est **b**: 1. Sécheresse 2. Baisse de rendement 3. Autres à préciser

Les vents sont-ils de plus en plus violents ? 1. Oui 2. Non

De plus en plus de sécheresses ? 1. Oui 2. Non

Avez-vous expérimenté les événements suivants:

1. Inondation 2. Sécheresse 3. Vents violents 4. Autres à préciser

Quels sont les impacts de ces phénomènes climatiques extrêmes sur l'agriculture ?

1. Inondations: a) Engorgement b) Pourrissement des plantes c) Autres à préciser
.....
2. Sécheresse: a) Flétrissement des plantes b) Mortalité des plantes c) Autres à préciser
.....
3. Vents violents: a) Inclinaison des plantes b) Enlèvement de la clôture c) Autres à préciser
.....

Pour les systèmes de production maraîchère:

Quelles étaient vos principales spéculations il y a 20 ans ou 30 ans ?

1. Tomate 2. Pomme de terre 3. Oignon 4. Carotte 5. Patate 6. Gombo
7. Autres cultures maraîchères: Précisez les variétés:
Si changement: demander pourquoi ? et depuis quand ?

Quelles sont vos principales cultures actuelles ?

1. Tomate 2. Pomme de terre 3. Oignon 4. Carotte 5. Patate 6. Gombo
7. Autres cultures maraîchères: Précisez les variétés:
Si changement: demander pourquoi ? et depuis quand ?

Quelles cultures faisiez-vous en dehors du maraîchage il y a 20 ou 30 ans ?

1. Mil 2. Sorgho 3. Niébé 4. Arachide 5. Maïs
6. Autres cultures: Précisez les variétés:

Quelles sont vos principales cultures actuelles en dehors du maraîchage ?

1. Mil 2. Sorgho 3. Niébé 4. Arachide 5. Maïs
6. Autres cultures: Précisez les variétés:

Les rendements agricoles sont-ils en baisse ? 1. Oui 2. Non

Si oui, comment expliquez-vous cette baisse? (classer par ordre d'importance)

1. Manque d'eau |___|
2. Retard de semis |___|
3. Insuffisance d'intrants |___|
4. Maladies |___|
5. Parasitisme |___|
6. Inondations |___|
7. Baisse de fertilité |___|
8. Hausse de température |___|
9. Autres (préciser)

Si non, quelles stratégies utilisez-vous ?

La fertilité des sols est-elle en baisse ? 1. Oui 2. Non

Utilisez-vous des semences améliorées ? 1. Oui 2. Non

- Si oui, quel est le mode d'acquisition ? 1. Auprès des coopératives 2. Acheté au marché
3. Autres à préciser

La longueur du cycle des cultures a-t-elle varié? 1. Oui 2. Non

Le bouclage du cycle des cultures a-t-il changé ? 1. Oui 2. Non

- Si oui pour quelles cultures ? 1. Oignon 2. Pomme de terre 3. Tomate
4. Autres à préciser



La période de floraison a-t-elle aussi changé ? 1. Oui 2. Non

Si oui, indiquez: La période antérieure Préciser le mois

Les périodes de semis ont-elles changé ? 1. Oui 2. Non

Si oui, indiquez:

Les périodes antérieures:

Les périodes actuelles:

La période de maturité physiologique a-t-elle subi un changement ? (à reformuler par l'équipe de recherche) 1. Oui 2. Non

Si oui, indiquez: La période antérieure

La fréquence antérieure:

Avez-vous modifié vos techniques d'entretien des cultures ? 1. Oui 2. Non

Changements effectués:

La fréquence actuelle: 1. Parfois 2. Très souvent 3. Souvent 4. Rarement:

Les périodes de récolte ont-elles changé ? 1. Oui 2. Non

Si oui, indiquez: Les périodes antérieures

Les périodes actuelles

Le nombre d'infestations a-t-il changé ? 1. Oui 2. Non

Si oui, comment: 1. En hausse 2. En baisse

Quelles étaient les infestations les plus fréquentes par le passé ?

Les plus fréquentes actuellement ?

Codes: 1 = striga (Ndohum); 2 = les attaques des insectes; 3 = le mildiou; 4 = la gale argentée; 5 = autres à préciser

La fertilité des sols est-elle en baisse ? 1. Oui 2. Non

Si oui, pourquoi ? 1. Les pratiques culturales 2. Utilisation des engrais chimiques

Quel mode de culture pratiquez-vous ? 1. Mode pure 2. Association des cultures 3. Les deux

Pratiquez-vous la rotation des cultures ? 1. Oui 2. Non

En cas d'association, quelles sont cultures qui sont, généralement, mises en association?

1. Arachide - Mil 2. Arachide - Maïs 3. Arachide - Sorgho 4. Mil - Maïs 5. Mil - Sorgho

VI. STRATÉGIE D'ADAPTATION

ADAPTATION TECHNIQUE:

Que faites-vous en cas de manque d'eau ?

1. Fumure organique
2. Usage des eaux usées et traitées
3. Adduction de la Sénégalaise des eaux
4. Forages locaux
5. Irrigation d'appoint
6. Utilisation de variétés résistantes
7. Recours aux bassins de rétention
8. Autres

Que faites-vous en cas de vents violents ?

1. Cloisonnement
2. Billonnage
3. Tuteurage
4. Redressement des plants
5. Brise vent
6. Arboriculture
7. Murs de protection
8. Autres

Que faites-vous en cas de réchauffement ?

1. Paillage
2. Irrigation
3. Semis précoce
4. Semis tardif
5. Labour superficiel
6. Autres

Que faites-vous en cas d'infestation ou de mauvaise croissance des plantes ?

1. Biopesticide répulsif
2. Insecticide
3. Abandon des cultures
4. Utilisation de variétés résistantes
5. Utilisation de fumure
6. Autres

Que faites-vous en cas de mauvaise installation de la saison des pluies ?

1. Re-semis
2. Semis à sec
3. Abandon des cultures de rente
4. Utilisation de système d'arrosage
5. Autres



Quelles mesures stratégiques utilisez-vous pour vous adapter ?

1. Élevage
2. Exode rural
3. Commerce
4. Maraîchage
5. Autres, précisez

Quelles stratégies mettez-vous en place pour remédier à la pauvreté des sols ?

1. Fumure
2. Jachère
3. Bio-fertilisation
4. Autres, précisez

Quel rôle jouent les femmes dans l'adaptation aux problèmes environnementaux ?

1. Diversification des sources de revenus
2. Utilisation de bonnes pratiques agricoles
3. Autres à préciser

PROJECTIONS:

Scénario 1: Quelles stratégies d'adaptation adopterez-vous si les conditions climatiques actuelles perdurent?

1. Utilisation de variétés adaptées
2. Utilisation de l'information climatique
3. Mesure de gestion des eaux de pluie
4. Irrigation d'appoint
5. Utilisation des engrais organiques
6. Autres à préciser

Scénario 2: Quelles stratégies d'adaptation adopterez-vous si les conditions climatiques actuelles deviennent meilleures dans le futur?

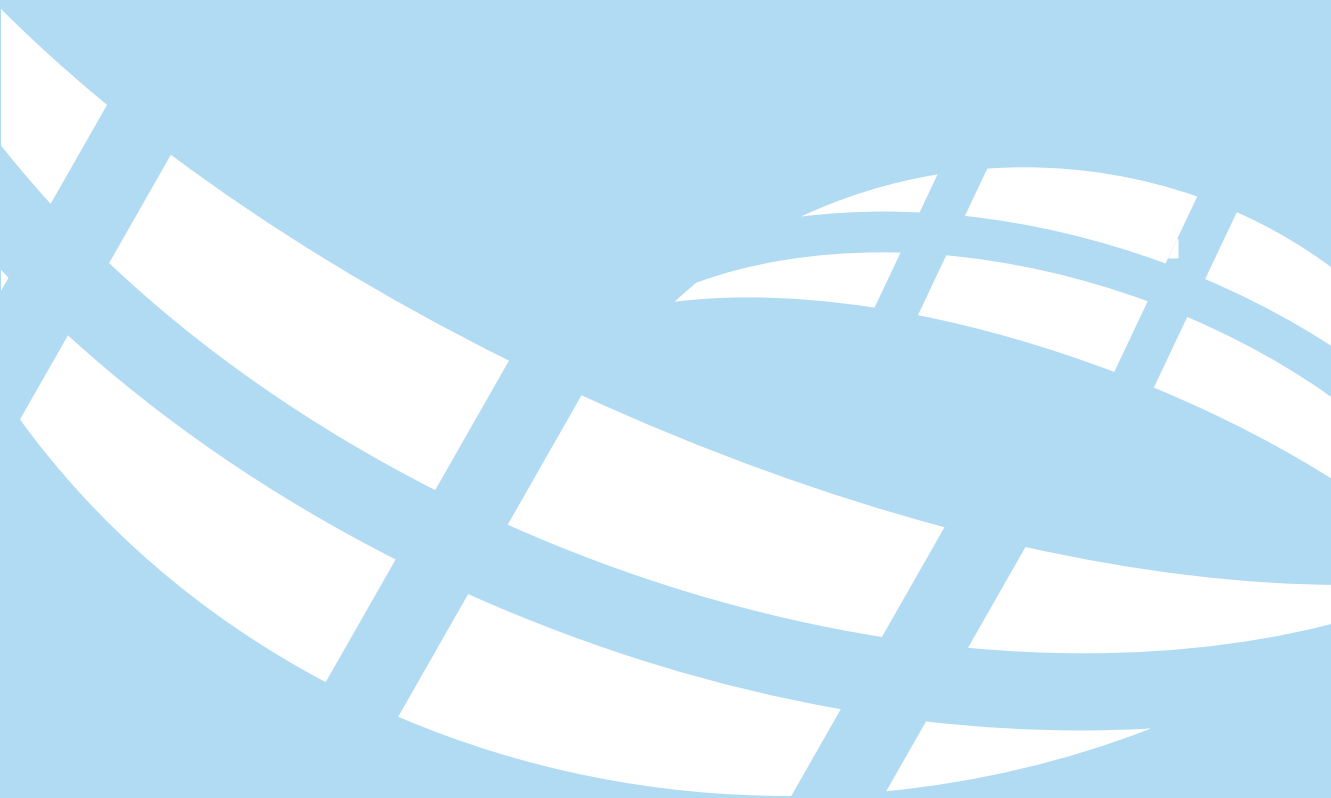
1. Utilisation de variétés adaptées
2. Utilisation de l'information climatique
3. Mesure de gestion des eaux de pluie
4. Irrigation d'appoint
5. Utilisation des engrais organiques
6. Autres à préciser

Scénario 3: Quelles stratégies d'adaptation adopterez-vous si les conditions climatiques actuelles se détériorent, que ferez-vous ? Par exemple: Si la pluie diminue et ou que la longueur de la saison diminue (80 jours au lieu de 90 jours par exemple) que ferez-vous ?

1. Utilisation de variétés adaptées
2. Utilisation de l'information climatique
3. Mesure de gestion des eaux de pluie
4. Irrigation d'appoint
5. Utilisation des engrais organiques
6. Autres à préciser



Aubergine
Vendabal FA
Semis 23/03/2020



REPRÉSENTATION DE LA FAO AU SÉNÉGAL

Ndeye.Ndour@fao.org

FAO-SN@fao.org

Dakar, Sénégal

BUREAU DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES, DE LA BIODIVERSITÉ ET DE L'ENVIRONNEMENT

Awa.Mbodj@fao.org

Rome, Italie

ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE

Un partenariat technique et financier avec

Québec 

ISBN 978-92-5-136434-5



9 789251 364345

CC0571FR/1/09.22