



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 dans la zone des Niayes

au SÉNÉGAL



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





Évaluation de la vulnérabilité du secteur agricole aux
**Évaluation de la vulnérabilité du secteur
agricole aux changements climatiques
et identification d'options d'adaptation
dans la zone des Niayes 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 recherches agricoles

Ibrahima Camara
Université Cheikh Anta Diop

ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE
Rome, 2022

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 dans la zone des Niayes au Sénégal. Rapport produit dans le cadre du projet Sécurité alimentaire: une agriculture adaptée (SAGA). Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/cc0688fr>.

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 978-92-5-136542-7

© 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 BY NC 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 obtenus 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: © FAO/Marco Longari

Table des matières

Sigles et abréviations	viii
Remerciements	x
Résumé exécutif	xi
INTRODUCTION	1
Contexte	1
1. PÉRIMÈTRE DE L'ÉTUDE DE VULNÉRABILITÉ: LA ZONE DES NIAYES	3
Climat sol et végétation	3
Situation sociodémographique	5
Situation socio-économique	6
Situation de l'agriculture	6
Les exploitations agricoles	7
Les types d'exploitation de l'eau	7
Les ressources foncières	8
Zones d'étude spécifiques: Mboro, Lompoul et Potou	8
Spéculations ciblées et leur place dans les exploitations agricoles	9
La pomme de terre	10
L'oignon	10
La tomate	10

2.	APPROCHE GÉNÉRALE DE L'ÉTUDE DE VULNÉRABILITÉ	11
	Définition d'une chaîne d'impact de la vulnérabilité	13
	L'exposition	14
	La sensibilité	14
	La capacité d'adaptation	15
	Les limites de l'étude	15
3.	RÉSULTATS	16
	Évaluation de la vulnérabilité actuelle	16
	Exposition actuelle	16
	Sensibilité actuelle	22
	Capacité d'adaptation actuelle	28
	Vulnérabilité actuelle	32
	Analyse de la vulnérabilité future	32
	Exposition future	32
	Sensibilité future	35
	Analyse de la vulnérabilité future	38
4.	ANALYSE DES STRATÉGIES ET OPTIONS D'ADAPTATION	40
	Les stratégies d'adaptation	40
	Les barrières et lacunes	41
	Les options d'adaptation prioritaires	42
5.	CONCLUSIONS	44
	BIBLIOGRAPHIE	45
	ANNEXES	48

Figures, tableaux

FIGURES

Figure 1.	Répartition (en pourcentage) de la population de la région de la zone d'étude par département et par sexe (Source: ANSD, 2019a, 2019b)	5
Figure 2.	Carte de la zone d'étude	9
Figure 3.	Approche combinée local-global pour gérer les impacts des changements climatiques (adapté de Dessai et Hulme, 2004)	12
Figure 4.	Chaîne d'impacts selon le quatrième rapport d'évaluation du GIEC (AR4) (Source: GIZ, 2015)	14
Figure 5.	Indice pluviométrique standardisé dans les trois départements	16
Figure 6.	Variation de la pluviométrie et la température historique dans les trois sites d'étude (département de Tivaouane, département de Louga, département de Kébémér)	17
Figure 7.	Évolution comparée des précipitations et des niveaux de la nappe de 1958 à 2002 (Faye <i>et al.</i> , 2019)	18
Figure 8.	Perception de la variabilité pluviométrique et la température	19
Figure 9.	Nombre et durée des séquences sèches il y a 20 ans et aujourd'hui	20
Figure 10.	Dates de début et de fin de la saison des pluies avant et actuelle	21
Figure 11.	Indicateurs d'exposition évalués avec les données socio-économiques sur les sites d'étude de la zone des Niayes et les données observées	21
Figure 12.	Évolution des rendements historiques de tomate, oignon et pomme de terre à l'échelle du Sénégal (Source: FAOSTAT)	22
Figure 13.	Caractéristiques des productions en contre-saison froide dans la zone des Niayes	23
Figure 14.	Caractéristiques des productions en contre-saison chaude dans la zone des Niayes	24

Figure 15.	Surfaces emblavées en fonction de chaque culture en contre-saison froide et chaude	24
Figure 16.	Rendements moyens de la tomate, de l'oignon et de la pomme de terre de la campagne 2020-2021 sur les parcelles suivies dans les trois départements d'étude	26
Figure 17.	Indicateurs de sensibilité évalués avec les données biophysiques et socio-économiques sur les sites d'étude	27
Figure 18.	Critères utilisés pour définir le profil des ménages	28
Figure 19.	Niveau d'instruction en français des chefs de ménage	29
Figure 20.	Statut des chefs de ménages dans les organisations paysannes	29
Figure 21.	Avantages de l'appartenance à une organisation de producteurs	30
Figure 22.	Stratégies développées pour subvenir aux besoins du ménage	31
Figure 23.	Indicateurs de capacité d'adaptation évalués avec les données socio-économiques sur les sites d'étude dans la zone des Niayes	31
Figure 24.	Évolution de la pluviométrie, de la température moyenne et de l'évapotranspiration futures par rapport à la période de référence (1976-2005)	33
Figure 25.	Évolution de l'indice de pluviométrique standardisé de l'historique, de l'observation, du scénario RCP4.5 et du scénario RCP8.5	34
Figure 26.	Indicateurs d'exposition future des différentes zones d'étude selon le scénario RCP4.5 et RCP8.5	34
Figure 27.	Écarts de rendements de la tomate, l'oignon et la pomme de terre aux horizons 2035 et 2050, par rapport à la période de référence 1976-2005	35
Figure 28.	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 identifiés pour la période future	37



TABLEAUX

Tableau 1.	Emplacement des sites d'étude dans la zone des Niayes	9
Tableau 2.	Déterminants actuels et futurs de la vulnérabilité à la variabilité et aux changements climatiques	13
Tableau 3.	Coefficients de corrélation (P-value) entre le rendement et les paramètres climatiques	23
Tableau 4.	Coût des intrants agricoles par culture et par saison	25
Tableau 5.	Indicateurs composites des différentes composantes de la vulnérabilité à l'échelle départementale	32
Tableau 6.	Évolution des paramètres climatiques de 2020 aux horizons 2035 et 2050	33
Tableau 7.	Indicateurs composites des différentes composantes de la vulnérabilité	38
Tableau 8.	Options prioritaires identifiées par les deux groupes	43

Sigles et abréviations

ANACIM	Agence nationale de l'aviation civile et de la météorologie
ANCAR	Agence nationale de conseil agricole rural
ANSD	Agence nationale de la statistique et de la démographie
AR4	Quatrième rapport d'évaluation du GIEC
CDN	Contribution déterminée au niveau national
CSC	contre-saison chaude
CSE	Centre de suivi écologique
CSF	contre-saison froide
DRDR	Direction régionale du développement rural
ENDA Pronat	Environnement développement action pour la protection naturelle des terroirs
FAO	Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture
FAOSTAT	Food and agriculture organization corporate statistical database
GES	gaz à effet de serre
GIE	groupement d'intérêt économique
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
GIZ	Deutsche gesellschaft für internationale Zusammenarbeit
ICN2	Deuxième conférence internationale sur la nutrition
ICS	Industries chimiques du Sénégal
IPS	Indice pluviométrique standardisé
IRD	Institut de recherche pour le développement
ISRA	Institut sénégalais de recherche agricoles
LNRPV	Laboratoire national de recherches sur les productions végétales
LPSEDD	Lettre de politique du secteur de l'environnement et du développement durable 2021-2025
MEPN	Ministère de l'environnement et la protection de la nature
NASAN	Nouvelle alliance pour la sécurité alimentaire et la nutrition
ONG	organisation non gouvernementale



OP	organisation de producteurs
PAP	Programme d'actions prioritaires
PAS-PNA	Projet d'appui scientifique aux plans nationaux d'adaptation
PSE	Plan Sénégal émergent phase II
SAGA	Sécurité alimentaire: une agriculture adaptée
SDDR	Service départemental du développement rural
SOCAS	Société de conserverie alimentaire du Sénégal
SNTL	Société nationale de tomate industrielle
PANA	Plan d'action national pour l'adaptation aux changements climatiques
PNA	Plan national d'adaptation
PRACAS II	Programme d'accélération de la cadence de l'agriculture sénégalaise II
UGPN	Union des groupements de producteurs des Niayes



Résumé exécutif

L'objectif général de l'étude est d'évaluer la vulnérabilité actuelle et future de l'agriculture dans la zone des Niayes face aux changements climatiques. Les résultats montrent une importante variabilité interannuelle des précipitations actuelles dans les trois départements de Tivaouane, Kébémér et Louga ainsi qu'une hausse des températures moyennes de 1,7 °C par rapport à 1986. Cette variabilité climatique est bien perçue par les producteurs(trices) avec 81 pour cent des chefs de ménages interrogés considérant que les saisons sont de plus en plus sèches, et 90 pour cent rapportant des hivernages plus chauds. L'étude s'intéresse plus particulièrement à l'évolution des rendements de la tomate, de la pomme de terre et de l'oignon, trois spéculations majeures dans la région. Ces cultures présentent des sensibilités variables à l'augmentation des températures, avec une augmentation des rendements pour la tomate, une baisse pour la pomme de terre et une corrélation non significative pour l'oignon. Les résultats montrent une bonne maîtrise des cycles de production et de gestion de la fertilisation des sols par les producteurs(trices) de Tivaouane, Kébémér et Louga et des similitudes avec les recommandations de la recherche scientifique. Malgré tout, plus de 80 pour cent des chefs de ménage interrogés observent une diminution des rendements et de la fertilité des sols.

L'analyse de la vulnérabilité actuelle montre une vulnérabilité élevée pour les trois départements, et en particulier pour les départements de Tivaouane et Kébémér. Pour le futur, la vulnérabilité de la région des Niayes devrait augmenter. Les résultats des simulations suggèrent qu'une baisse de la pluviométrie est attendue. D'ici 2050, une augmentation des températures de 1,5 °C selon le scénario RCP4.5 ou allant jusqu'à 2,2 °C pour le scénario RCP8.5 est attendue.

Les résultats montrent une légère baisse des rendements de la tomate, de la pomme de terre et de l'oignon selon les deux modèles RCP4.5 et RCP8.5. Selon le scénario RCP4.5 à Kébémér, les rendements de la tomate, de la pomme de terre et de l'oignon vont par exemple baisser respectivement de -3,71 pour cent, -7,5 pour cent et -3,65 pour cent à l'horizon 2035 et de -3,45 pour cent, -8,06 pour cent et -3,07 pour cent à l'horizon 2050. Des diminutions similaires sont attendues à Tivaouane et Louga, et les mêmes tendances avec des baisses légèrement plus importantes dans les différents sites seront observées avec le scénario RCP8.5. Ces légères baisses des rendements prévus des cultures maraîchères pourraient être expliquées par l'interaction de plusieurs facteurs climatiques et non climatiques.

Les zones particulièrement vulnérables à ces changements futurs sont caractérisées par un fort impact potentiel et une faible capacité d'adaptation. Selon le scénario RCP4.5, les départements de Kébémér et Tivaouane seraient plus vulnérables aux changements climatiques, avec une vulnérabilité future similaire à celle actuelle. Cette vulnérabilité s'accroîtra en revanche davantage avec le scénario RCP8.5, pour lequel le département de Tivaouane reste le plus vulnérable. Dans tous les départements et selon les deux scénarios, un revenu du ménage consacré aux besoins de base du ménage, l'accès à la terre et l'utilisation de semences adaptées constitueront des éléments importants dans le système agricole et seront des conditions déterminantes pour une bonne capacité adaptative. Ces différents éléments détermineront la performance agronomique des agriculteurs(trices) dans les zones rurales.

Pour le secteur de l'agriculture, des options adaptées aux contraintes de la zone sont nécessaires. Parmi les options prioritaires identifiés il y a des options politiques et communautaires notamment sur i) la diversification des systèmes de production, ii) l'engagement des producteurs via les organisations paysannes et via des activités de sensibilisation et plaidoyer, iii) la maîtrise de l'eau et la promotion de l'irrigation locale, iv) la promotion de l'agroforesterie et v) un appui à l'accès au foncier. Ces options nécessitent un appui institutionnel des autorités nationales et locales car leur mise en œuvre demande des moyens techniques et financiers importants et une expertise dans les secteurs concernés.



Introduction



CONTEXTE

Les changements climatiques provoquent de nombreuses catastrophes naturelles, impactent les écosystèmes et pourraient entraîner de nombreux bouleversements à l'échelle planétaire. Pour lutter contre ces impacts, une prise en compte du Programme de développement durable horizon 2030, de l'Accord de Paris sur le climat adopté en 2015, et la Deuxième conférence internationale sur la nutrition (ICN2) constituent une voie pour une transformation profonde de nos systèmes alimentaires comme de nos moyens d'intervention. Ces programmes recommandent une prise en compte de l'alimentation, des moyens de subsistance et la gestion des ressources naturelles 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 une sécurité alimentaire (CDN, 2017). Parmi ces défis figurent les effets de la variabilité et des changements climatiques mais aussi des facteurs non climatiques comme la démographie croissante, 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 nécessitant des politiques d'adaptation et de planification solides. Cette nécessité d'adaptation est bien prise 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 de politique sectorielle de développement 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 d'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 (PNA¹), 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 faire 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 actuelle. 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 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, avec le gouvernement du Sénégal, ont mis en œuvre un projet de collaboration multi-acteurs de renforcement des capacités de planification de l'adaptation pour la sécurité alimentaire et la nutrition intitulé **«Sécurité alimentaire: une agriculture adaptée» (SAGA)**. 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. La composante une du projet SAGA appuie le gouvernement du Sénégal, à travers la réalisation de deux études de vulnérabilité du secteur agricole dans la zone des Niayes (régions de Dakar, Thiès, Louga) et la région de Kolda ainsi que l'identification d'options d'adaptation à moyen et long terme.

Ces études ont été 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). Cette démarche décrite sous forme de guide 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.

L'objectif général de ces études est d'évaluer la vulnérabilité aux changements climatiques du secteur agricole dans la zone des Niayes et la région de Kolda et d'identifier des options d'adaptation prioritaires en vue de proposer un plan d'adaptation pour chaque zone. Plus spécifiquement, il s'agit:

- d'identifier les facteurs qui rendent actuellement le secteur agricole vulnérable à la variabilité pluviométrique;
- d'identifier les impacts potentiels et la vulnérabilité future du secteur face aux changements climatiques (augmentation des températures, variabilité pluviométrique, vague de sécheresse, inondation, 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'action pour la zone d'étude.

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. <https://doi.org/10.4060/cb0297fr>

2. Périmètre de l'étude de vulnérabilité: la zone des Niayes



© Jeannette Van Acker

CLIMAT, SOL ET VÉGÉTATION

La zone éco-géographique des Niayes est située le long de la côte nord allant de Dakar à Saint Louis (figure 3). Le climat y est de type sahélien chaud et sec. La saison pluvieuse dure trois mois environ avec des précipitations annuelles comprises entre 300 et 500 mm (FAO et CSE, 2007). Les précipitations sont liées aux retombées de la mousson pendant les situations météorologiques particulières en été. Il est noté une irrégularité interannuelle des précipitations due à la détérioration climatique consécutive au changement global du climat (Fall et Fall, 2001). Les températures sont fraîches et les amplitudes thermiques faibles avec des nuances plus fraîches et plus sèches aux approches de Saint Louis (FAO, 2007). La zone des Niayes bénéficie d'un microclimat particulier caractérisé par des températures modérées. Les moyennes mensuelles plus chaudes varient entre 27,5 °C et 28,1 °C et surviennent en juillet et août. De novembre à février, la température maximale est inférieure à 28 °C et la température minimale est inférieure à 18 °C. En mai et juin, la présence de l'harmattan (alizé continental saisonnier) peut élever la température à un maximum de 31 °C (Fall et Fall, 2001).

Les sols sont de types ferrugineux tropicaux non lessivés (dior) constituant près de 70 pour cent de toute la région des Niayes. Les sols se caractérisent par une salinité qui entrave la production agricole. La géomorphologie d'ensemble est une mosaïque de dunes et de cuvettes interdunaires à fond plat, plus ou moins encaissées, où sont formés des sols peu évolués d'apport, pauvres et très susceptibles à l'érosion (éolienne et hydrique) (Diallo *et al.*, 2015). Selon Fall et Fall (2001), trois systèmes dunaires dominent:

- les dunes littorales ou dunes blanches, caractérisées par des plages de sable coquillier constamment repris par le vent;
- les dunes jaunes ou dunes semi-fixées occupant l'arrière-plan des dunes littorales et interrompues par endroit par des lacs et des mares, surtout dans la région de Dakar;
- les dunes rouges continentales, ou dunes intérieures, communément appelées sols dior formant un important erg depuis le sud-ouest de la Mauritanie jusqu'à l'ouest du Sénégal.

Généralement pauvres en matières organiques, ces sols ont traditionnellement été exploités par des systèmes d'agriculture pluviale. De nos jours, la production maraîchère irriguée domine du fait de la dégradation des conditions pluviométriques et de la possibilité d'accès à la nappe qui est à une profondeur variable entre 10 et 30 m ou pour certains, de se raccorder au réseau de distribution d'eau de la société Sen'Eau (Fall *et al.*, 2000).

La végétation est composée d'espèces indicatrices de sols dégradés telles qu'*Eragrostis*. On y distingue des arbres (*Prosopis juliflora*, *Acacia nilotica*, *Tamarindus indica*, *Azadirachta indica*, *Adansonia digitata*), des plantes halophytes (*Cocos nucifera*), des arbustes (*Calotropis procera*, *Zizyphus mauritana*) et des graminées (*Cenchrus biflorus*, *Eragrostis*, *Salsola*, *Anteropogon*, *Datura*) (Diallo *et al.*, 2015). Les spéculations maraîchères cultivées sont l'oignon, le chou, la salade, le navet, la carotte, l'aubergine, la menthe, la pomme de terre et la tomate, entres autres.





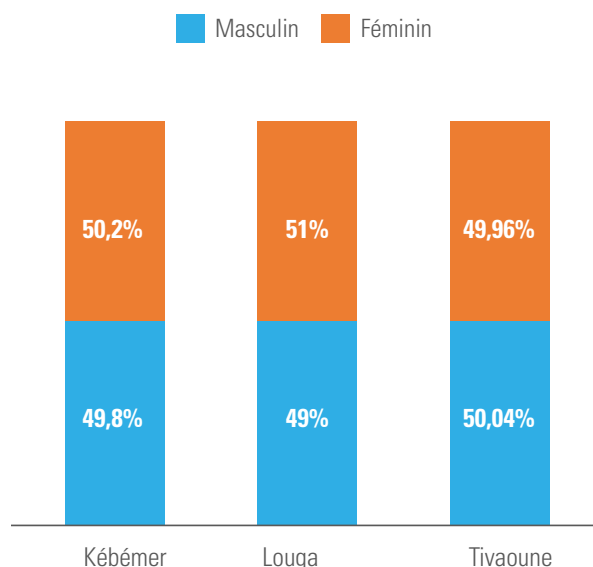
SITUATION SOCIODÉMOGRAPHIQUE

La zone des Niayes couvre une partie des régions de Dakar, Thiès, Louga et Saint Louis. L'étude a été conduite dans les régions de Thiès et Louga particulièrement dans les départements de Tivaouane (Thiès), Louga et Kébémér (Louga).

Les projections démographiques de l'Agence nationale de la statistique et de la démographie (ANSD) estiment la population résidente de la région de Thiès à 1 941 549 habitants en 2016 pour une superficie de 6 601 km² soit une densité de 294 habitants par kilomètre carré (ANSD, 2019b). La population de la région de Thiès est inégalement répartie: les départements de Thiès et de Mbour regroupent à eux seuls 74,4 pour cent de la population tandis que le département de Tivaouane n'abrite que 25,3 pour cent de la population. Bien qu'il soit le département le plus vaste de la région (3121 km²), Tivaouane est également le moins peuplé (490 766 habitants) avec une densité de 157 habitants au kilomètre carré (ANSD, 2019b). Un peu plus de la moitié de la population (51,5 pour cent) est âgée de moins de 20 ans, et le nombre d'hommes est un peu plus important que celui des femmes.

La région de Louga couvre une superficie de 24 547 km² avec une densité moyenne de 38 habitants au km². Les départements de Kébémér (3 823 km²) et Louga (5 649 km²) sont les plus peuplés de la région avec respectivement 29,6 pour cent et 42,7 pour cent de la population. Ces deux départements concentrent 38 pour cent de la superficie du territoire régional (ANSD, 2019a). La population régionale s'élève en 2016 à 950 095 habitants dont 50,3 pour cent de sexe féminin contre 49,7 pour cent d'hommes. La population de la région de Louga est caractérisée par une extrême jeunesse avec un taux de fécondité toujours assez élevé, malgré une tendance à la baisse. Plus de la moitié de la population urbaine (58,54 pour cent) réside dans le département de Louga contre 26,58 pour cent et 14,88 pour cent respectivement pour les départements de Linguère et de Kébémér (ANSD, 2019a).

Figure 1. Répartition (en pourcentage) de la population de la région de la zone d'étude par département et par sexe (Source: ANSD 2019a, 2019b)



SITUATION SOCIO-ÉCONOMIQUE

La zone des Niayes rassemble toutes les ethnies du Sénégal. À Dakar les wolofs représentent 41,1 pour cent et à Louga ils forment 65,47 pour cent de la population. Les Peulhs viennent en deuxième position avec un pourcentage de 29,9 pour cent à Louga et 18,4 pour cent à Dakar (ANSD, 2005). Il est également noté la présence des Lébous qui s'adonnent à la pêche, des Sérères qui font des cultures pluviales et des Diolas qui produisent du vin de palme. Cette zone se caractérise par une prédominance de la jeunesse dans les quatre régions. La proportion de la population âgée de moins de 20 ans est de 55,5 pour cent, 54,8 pour cent et 56,4 pour cent respectivement pour la région de Saint Louis, Thiès et Louga alors que dans la région de Dakar la proportion de population comprise entre 20 et 59 ans est de 49 pour cent. La proportion importante de jeunes de la population s'explique par la forte natalité, la fécondité soutenue et la migration importante vers le littoral Nord. La population âgée de plus de 60 ans reste largement minoritaire et ne dépasse guère 6,5 pour cent.

Les principales activités socio-économiques exercées dans cette zone sont le maraîchage, l'agroforesterie, la sylviculture, l'élevage, la pêche et le commerce. Cependant, l'activité économique de cette zone reste dominée par le maraîchage, la pêche et l'élevage intensif (production avicole et élevage de races exotiques). Elle est considérée comme le poumon horticole du Sénégal et couvre près de 80 pour cent des besoins nationaux du pays (FAO, 2007). La zone des Niayes détient un fort potentiel de production d'oignon. La baisse de la production agricole rurale et le déficit alimentaire a favorisé depuis plusieurs décennies le développement d'une activité agricole urbaine et péri-urbaine dont les principaux domaines sont l'horticulture et l'élevage (Fall *et al.*, 2000). Les surfaces cultivables vont de quelques centaines de mètres carrés à des dizaines d'hectares dominés par les petites exploitations. La commune de Mboro constitue un pôle industriel et commercial essentiel et est devenue une grande zone de maraîchage grâce à sa zone d'influence qui englobe la commune de Darou Khoudoss (520 km², 64 576 habitants), la commune de Taïba Ndiaye (140 km², 27 994 habitants) et la commune de Méouane (334,3 km², 38 170 habitants).

SITUATION DE L'AGRICULTURE

Deux principales typologies des exploitations sont retrouvées dans la zone des Niayes: l'agriculture paysanne à base familiale qui combine diverses activités agricoles et non agricoles et l'agriculture d'entreprise à base de capitaux et de main-d'œuvre salariée (Toure et Seck, 2005). La zone des Niayes compte pour environ 60 pour cent de la production maraîchère nationale et 80 pour cent des exportations horticoles (FAO, 2007). Les cultures dominantes dans les Niayes sont le haricot vert, l'oignon, les choux, la tomate, l'aubergine, l'aubergine amère ou «jaxatu», le piment, le poivron (FAO, 2007). Cette zone agro-écologique assure 30 pour cent de la production nationale de pommes de terre et d'oignons. Elle approvisionne quelques pays de la sous-région dont la Mauritanie, la Gambie et la Guinée-Bissau. Les femmes constituent le groupe marginalisé qui connaît la plus forte croissance et qui investit actuellement dans tous les secteurs d'activités.

La surface annuelle couverte par les cultures maraîchères est estimée à plus de 10 000 ha, variable selon les zones de cultures, et pouvant atteindre deux cycles de production par an. Les grandes exploitations se trouvent principalement dans la région de Dakar (Communauté rurale de Sangalkam), la région de Thiès (à Mboro), et dans la région de Saint-Louis (Gandiolois, Dakar-Bango) (Fall *et al.*, 2000). Ces grandes exploitations sont particulièrement présentes au niveau de la grande Niaye de Pikine et dans les Niayes septentrionales (Lompoul, Potou et Gandiolois) et reposent essentiellement sur la disponibilité d'eau de la nappe phréatique et sur une forte utilisation d'engrais minéraux et organiques (Fall et Fall, 2001).



Les membres actifs de la famille prennent part aux travaux agricoles et les femmes participent en compagnie des hommes à certaines opérations (désherbage, récolte). Les producteurs(trices) locaux sont les familles mais interviennent massivement des migrants nationaux et étrangers, en particulier des Guinéens. Les exploitations qui disposent d'une force de travail relativement réduite mobilisent les potentialités existantes en main-d'œuvre (hommes, femmes, enfants et personnes âgées). D'autres exploitations recrutent des saisonniers en saison sèche ou des journaliers au moment des récoltes. Les entreprises horticoles et les fermes avicoles de la zone font recours à une main-d'œuvre salariée pour effectuer les tâches de production. La majeure partie des entreprises ne disposent que de moyens techniques très limités et font souvent recours aux techniques modernes d'irrigation. Le matériel agricole est généralement constitué de petits matériel de binage, de désherbage, d'émondage, de sarclage et de repiquage.

Les exploitations agricoles

Toure et Seck (2005) distinguent quatre principaux types d'exploitations agricoles:

- les petites exploitations agricoles, qui se caractérisent par une superficie n'excédant pas 0,5 ha et dont le système d'irrigation est fondé sur les puisards ou les puits traditionnels;
- les exploitations agricoles de petite taille (1 à 2 ha) équipées de puits améliorés;
- les moyennes exploitations couvrant un domaine de 3 à 10 ha et dont l'alimentation en eau est assurée par la Sen'Eau et par des puits améliorés;
- les grandes exploitations disposant de plusieurs dizaines, voire de centaines d'hectares et dotées de forages.

Les exploitations familiales présentent des différences importantes par rapport aux entreprises agricoles en termes de superficie du domaine foncier disponible, de système d'alimentation en eau, de niveau d'équipement et d'investissement et de volume des revenus non agricoles (Toure et Seck, 2005).

Les types d'exploitation de l'eau

- L'exploitation par les céanes (petites exploitations) est largement dominante, surtout dans la frange littorale où la nappe phréatique est affleurant.
- Les puits traditionnels sont aussi fréquents dans les zones où la nappe est assez profonde.
- Les forages individuels ou par adduction à partir du réseau de la Sen'Eau sont plus présents dans la région de Dakar et Thiès, notamment sur les axes Sangalkam, Mboro, Sébikhotane et Pout (grandes exploitations).

La proportion des exploitations d'entreprise qui utilisent les équipements modernes reste faible: branchement au réseau d'alimentation en électricité (7 pour cent), tracteurs (7 pour cent) et véhicules utilitaires (10 pour cent) (Toure et Seck, 2005). Le système d'irrigation des exploitations familiales repose sur l'aménagement de puits et de puisards. Néanmoins, un tiers d'entre elles dispose d'un réseau d'irrigation. Au contraire, 80 pour cent des exploitations d'entreprise sont dotées de réseaux d'irrigation pour assurer l'approvisionnement en eau avec 40 pour cent connectées à la Sen'Eau et 25 pour cent équipées de forages (Toure et Seck, 2005).

Par ailleurs, l'horticulture et l'élevage sont les deux filières de production de la zone. La zone des Niayes présente un système de production horticole assez diversifié lié étroitement à la typologie des sols, à la topographie et surtout

à la présence de l'eau dans le milieu. Il existe deux principaux types d'exploitations: (i) les exploitations de type maraîchères ; (ii) et les exploitations arboricoles. L'arboriculture reste importante dans les Niayes, notamment pour la production de noix de coco, papayes, bananes, corossols (Fall et Fall, 2001) et la production d'agrumes et de mangues (Toure et Seck, 2005). Les cultures nécessitant une irrigation sont largement dominées par la production de choux sur toute l'étendue des Niayes, de Dakar à Saint Louis. Dans les vallées et lacs asséchés (Mbawan dans la région de Thiès, Youi, Mbeubeus, Malika dans la région de Dakar) les productions dominantes sont le chou et la tomate. L'aubergine, le «jaxatu», le piment, le concombre, la courgette, la salade, la menthe y sont également cultivés. Au niveau des sols diors et des vertisols, les cultures dominantes sont le haricot vert, l'oignon, la tomate, le gombo (saison des pluies), le poivron, etc. Les petites dépressions appelées "ndiouki" restent le domaine exclusif de la production de carottes et de navets (Fall et Fall, 2001).

Les ressources foncières

La majorité des exploitations familiales ont accédé à la terre par héritage ou par donation (81,8 pour cent des exploitations et 90,1 pour cent des superficies) (Toure et Seck, 2005). Les grandes exploitations accèdent souvent à la terre par l'achat ou affectation de parcelles par les conseils ruraux. Cependant, 55 pour cent des promoteurs ont acheté les terres qu'ils exploitent auprès des populations locales. d'autres modalités d'exploitation foncière sont retrouvées tels que le métayage, le confiage ou la location de terre. En dehors du domaine public et des domaines possédés par l'État et les particuliers, les terres agricoles de la zone des Niayes se divisent en terres de terroirs et en terres à vocation agricole situées dans les zones urbaines (Toure et Seck, 2005).

ZONES D'ÉTUDE SPÉCIFIQUES: MBORO, LOMPOUL ET POTOU

Deux régions (Thiès et Louga) et trois départements (Tivaoune, Kébémér et Louga) ont été ciblés pour un ensemble de quatre sites, soit deux sites par région en se basant sur le niveau de vulnérabilité du milieu et les recommandations des parties prenantes.

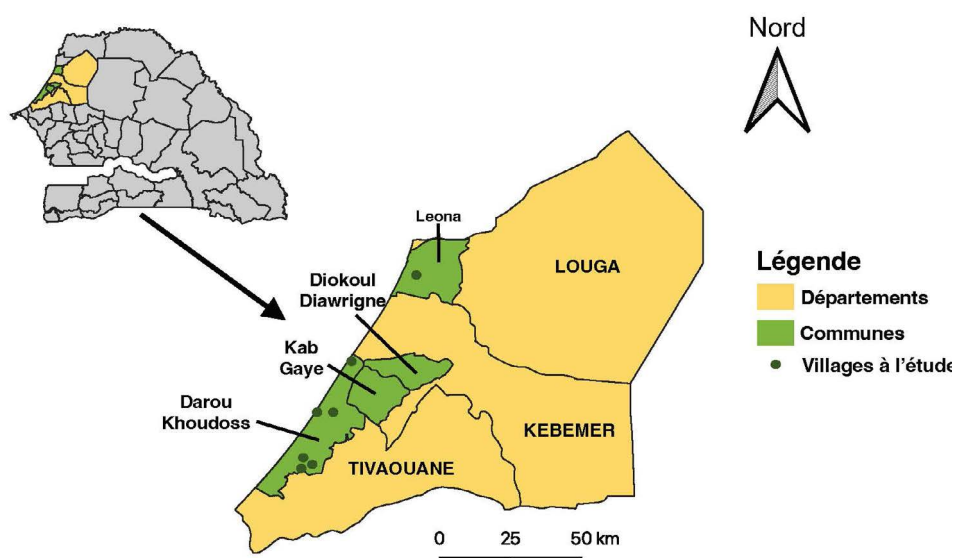
Dans la région de Thiès l'étude a été menée à Santhiou Ndong et sur l'axe Mboro - Diogo (département de Tivaouane). La zone de Santhiou Ndong à forte production maraîchères, est menacée par la salinité des terres. L'axe Mboro-Diogo est par ailleurs menacé par l'exploitation minière qui est un facteur de vulnérabilité et les déchets chimiques issus des Industries chimiques du Sénégal (ICS) qui sont versés au niveau de Mboro Khondio menaçant ainsi l'environnement. La zone de Mboro risque également de subir une pression foncière en raison de la forte pression démographique des Niayes de Dakar qui va entraîner une migration vers la zone de Mboro. Pour chaque spéculation trois producteurs(trices) ont été choisis dans chaque site.

Dans la région de Louga les villages de Lompoul (département de Kébémér) et Potou (département de Louga) ont été choisis. Les conditions climatiques de ces zones se rapprochent au climat de la zone nord. Ce sont des zones très menacées et vulnérables aux changements climatiques avec une forte production de tomate à Lompoul et d'oignon à Potou. Dans la zone de Lompoul trois producteurs(trices) ont été choisis et quatre dans la zone de Potou pour chaque spéculation.

Tableau 1. Emplacement des sites d'étude dans la zone des Niayes

Régions	Départements	Communes	Axes/zones
Thiès	Tivaouane	Darou Khoudoss	Santhiou Ndong
		Mboro	Mboro-Diogo
Louga	Louga	Léona	Potou
	Kébémér	Diokoul	Lompoul

Figure 2. Carte de la zone d'étude



Les appellations utilisées sur cette carte et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part du Secrétariat de l'Organisation des Nations Unies aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, villes ou zones, ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites.

Source: www.unsalb.org/data/sen

Auteurs: Adama Tounkara, ISRA

SPÉCULATIONS CIBLÉES ET LEUR PLACE DANS LES EXPLOITATIONS AGRICOLES

Trois spéculations que sont la tomate, l'oignon et la pomme de terre ont été choisies pour cette étude. Ce choix s'explique par le rôle de ces cultures maraîchères sur l'alimentation et leur importance dans la réalisation du Plan Sénégal émergent (PSE).

La pomme de terre

La pomme de terre occupe la quatrième place dans la production maraîchère sénégalaise avec 67 485 tonnes pour la campagne 2015-2016 (David-Benz et Seck, 2017). Cette culture étant intéressante sur le plan économique, la filière pomme de terre est en expansion au Sénégal, avec une production de 178 175 tonnes en 2020, soit une hausse de 110 690 tonnes en quatre ans. En 2016, son rythme de croissance annuelle moyenne était de 16 pour cent. La production de la pomme de terre est souvent dirigée vers le marché local et sous-régional (vers la Mauritanie) (Fall et Fall, 2001). Les superficies emblavées sont passées de 384 ha en 2005 à 5 284 ha en 2017, d'après FAOSTAT.

L'oignon

A partir de 2003 la production d'oignon a connu une forte progression avec la mise en place de mesures de protection du marché intérieur. La production pour la campagne 2015-2016, estimée à 393 255 tonnes (David-Benz et Seck, 2017), est passée à 520 000 tonnes en 2020 soit une hausse de 126 745 tonnes en quatre ans (La voix de la vallée, 2020). Ainsi, l'oignon occupe la première place des cultures maraîchères du Sénégal, loin devant la patate douce (70 000 tonnes), la tomate cerise (70 000 tonnes) et la pomme de terre (67 485 tonnes) (David-Benz et Seck, 2017). Parallèlement, les superficies allouées à la production de l'oignon ont considérablement augmenté passant de 1 800 ha en 2005 à 13 223 ha en 2017. La production se fait principalement dans les Niayes et la vallée du fleuve Sénégal mais se rencontre également dans le centre du pays (Kaolack, Touba et Kolda). Malgré cette production croissante d'oignon, la demande interne n'est pas satisfaite d'où une importation annuelle de 60 000 à 80 000 tonnes (environ 50 pour cent de la demande interne) venant surtout des Pays-Bas. Une forte disponibilité sur le marché est notée en mars/avril dans la vallée du fleuve Sénégal et mai/juin dans les Niayes. La faible disponibilité en hivernage cause une hausse des prix du marché et la nécessité de dépendre des importations d'oignon hollandais (Giunta *et al.*, 2015). La région de Saint Louis occupe la première place de la production avec 64 pour cent des superficies emblavées suivie de celle de Thiès (16 pour cent) et de Louga (13 pour cent).

L'oignon est principalement cultivé pour la production de bulbes secs destinés à la préparation des plats locaux. Il peut aussi être cultivé pour la transformation industrielle ou artisanale par séchage et éventuel broyage en poudre (Giunta *et al.*, 2015). La période de culture principale est en contre-saison, avec un cycle de culture d'environ 110-150 jours. La rotation avec les cultures comme les céréales sur des sols pas trop lourds ni gorgés d'eau et assez riches en matière organique bien décomposée est une méthode efficace pour une meilleure production.

La tomate

La tomate occupe la troisième place dans la production maraîchère sénégalaise avec 70 000 tonnes pour la campagne 2015-2016. En effet, entre 1992 et 2006 la production a connu une croissance annuelle de 4,72 pour cent, en particulier pour la tomate cerise, qui dans les années 2010-2011 a vu sa production augmenter de 16,7 pour cent, avec des volumes d'exportation de 4 700 tonnes en 2005 (Giunta *et al.*, 2015). La région de Saint Louis occupe la première place dans la production avec 40 pour cent de superficie emblavées suivi de celle de Thiès (27 pour cent) et Dakar (19 pour cent) la superficie emblavée est passée de 3 575 ha en 2005 à 5 109 en 2017. Ainsi, la culture est en train de gagner de l'ampleur, avec une croissance des surfaces emblavées de 24,1 pour cent (1997-2006) (Giunta *et al.*, 2015).

Dans la zone des Niayes, la tomate est cultivée pendant la saison froide mais aussi pendant l'hivernage. Le cycle de la culture est de 110-150 jours. L'essentiel de la tomate industrielle est produit dans la vallée du fleuve par la Société de conserverie alimentaire du Sénégal (SOCAS) et la Société nationale de tomate industrielle (SNTL). Les résidus de culture sont largement utilisés comme fourrage au point où certaines grandes exploitations se sont lancées dans leur commercialisation (Fall et Fall, 2001). Une forte disponibilité sur le marché est notée entre février et mai dans la vallée du fleuve Sénégal et, entre décembre et février dans les Niayes.

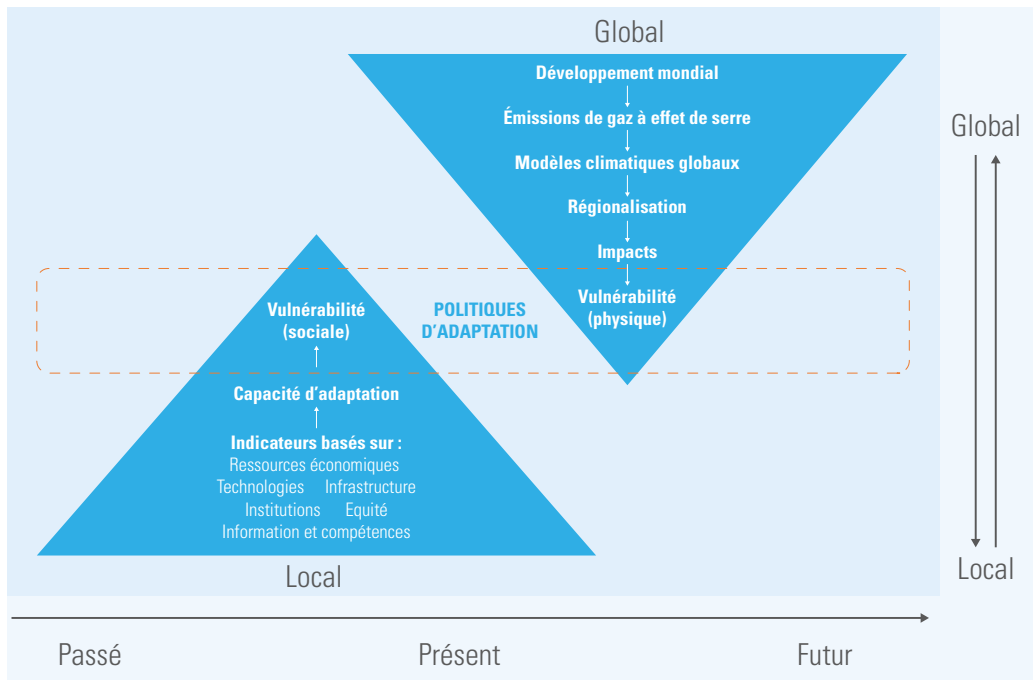
3. Approche générale de l'étude de vulnérabilité



Les études de vulnérabilité sont faites à travers une méthodologie intégrée avec une approche globale basée sur l'évaluation de la vulnérabilité physique future et une approche locale basée sur l'évaluation de l'impact des facteurs sociaux et économiques (Dessai et Hulme, 2004). L'approche globale s'appuie notamment sur l'analyse de facteurs biophysiques particulièrement la modélisation du climat et les projections futures. Les conditions pour appliquer ce type d'approches ont été réunies grâce à des partenariats directs mis en place à travers le consortium agricole et entre les parties prenantes nationales.

Une approche participative a été appliquée pour l'étude de la vulnérabilité sociale et physique actuelle et passée. Celle-ci 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 entretiens individuelles et, des focus groupes (fiche des enquêtes en [annexe 5](#)). Ces données ont permis de caractériser l'agriculture et la dynamique socio-environnementale de la zone d'étude.

Figure 3. Approche combinée local-global pour gérer les impacts des changements climatiques (adapté de Dessai et Hulme, 2004)



L'approche globale basée sur la modélisation climatique a ensuite servi à évaluer les impacts futurs des changements climatiques avec un focus sur les effets biophysiques (figure 4). Cette étape repose sur l'utilisation des modèles climatiques (globaux ou régionaux) et des modèles de simulation de la croissance de cultures. Une descente d'échelle (downscaling en anglais) a été effectuée sur chacun des deux sites d'étude pour créer des séries temporelles de variables climatiques à l'échelle locale. L'impact des stimuli climatiques sur l'agriculture a été évalué à l'aide de la modélisation 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 actuelle alors que l'approche globale a permis l'accent sur la vulnérabilité aux changements climatiques futurs (figure 4). La synthèse des résultats a permis d'élaborer des scénarios participatifs de développement socio-économique pour les sites d'étude. Pour plus de détails sur la démarche méthodologique, consulter l'annexe 1.



Tableau 2. Déterminants actuels et futurs de la vulnérabilité à la variabilité et aux changements climatiques, Source: ECOFYS, 2017

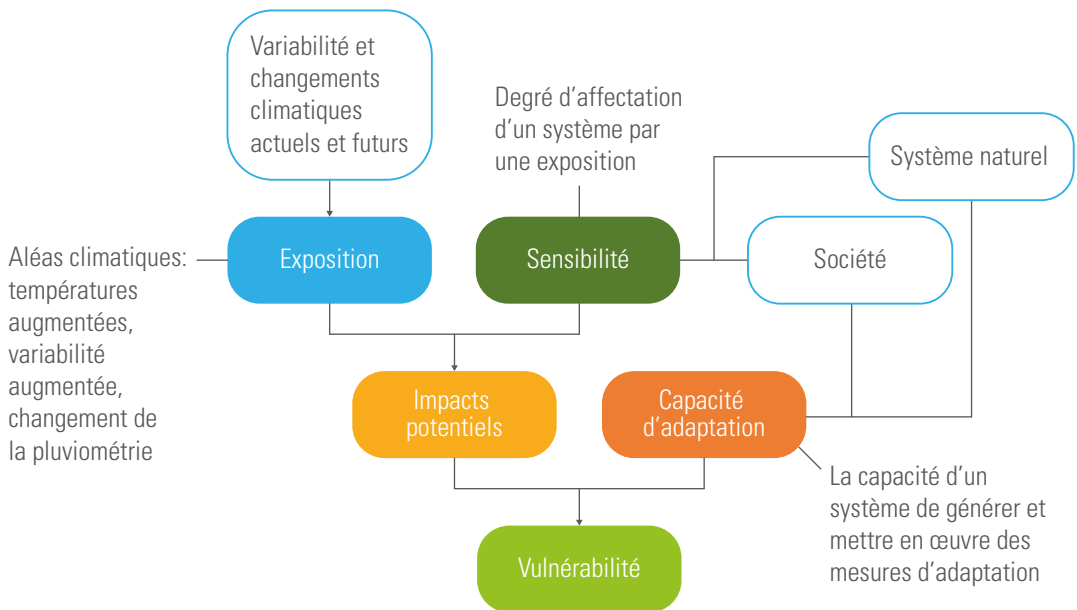
	Facteurs biophysiques	Facteurs sociaux	
Situation Actuelle	<ul style="list-style-type: none"> • Variabilité climatique • Évolution rendements et surfaces cultivables • Évaluation des performances agronomiques <p>Méthode:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Analyse de données observées (Rendements, surfaces cultivables, niveau piézométrique, mise en place d'expérimentation paysannes) • Identification d'indicateurs de vulnérabilité 	<ul style="list-style-type: none"> • Capital social • Capital économie • Capital Institutionnel • Physique/Naturel <p>Méthode:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Enquêtes ménage (échantillon de 150 chefs de ménages) • Identification d'indicateurs de vulnérabilité 	Vulnérabilité à la variabilité climatique
Situation Future	<ul style="list-style-type: none"> • Changements climatiques (Température/Précipitations) • Évolution des rendements <p>Méthode:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Modélisations du rendement des cultures (CROPWAT/AQUACROP) • Identification d'indicateurs de vulnérabilité 	<ul style="list-style-type: none"> • Changements dans les systèmes agricoles • Changements dans les capacités adaptatives <p>Méthode:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Définition de scénarios adaptatifs • Identification d'indicateurs de vulnérabilité 	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 l'exposition à ces impacts en évaluant les signaux climatiques auxquels l'agriculture est exposée, i.e. les risques/aléas/chocs auxquels le secteur agricole est exposé. Ceci sera suivi par l'évaluation de la sensibilité en ciblant les caractéristiques qui rendent l'agriculture sensible à l'évolution des conditions climatiques. Enfin, une revue des capacités d'adaptation du système est effectuée en évaluant 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.

La figure 5 ci-dessous détaille la chaîne d'impacts climatiques comme détaillée par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). Nous en précisons chaque élément dans les paragraphes suivants.

Figure 4. 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 au degré avec lequel un système est exposé à des variations climatiques significatives.

La sensibilité

Elle fait référence au degré auquel un système est affecté par des stimuli 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 ? Dans le cadre de cette étude de vulnérabilité nous avons un système de production maraîcher dans la zone des Niayes où il faut mettre l'accent sur les facteurs naturels mais aussi sur les autres facteurs de type socio-économiques, financiers, technologiques, organisationnels et institutionnels.

La capacité d'adaptation

La 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 permet d'évaluer la capacité du système socio-écologique étudié à réagir et à s'adapter au changement climatique. 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**: existence de savoirs ou d'expertise pouvant favoriser l'adaptation ? **Technologie**: existence d'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 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 (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-économiques recueillies sur 150 ménages et qui rend difficile l'appréciation des profils économique, agricole et environnemental 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 limité aux données climatiques et agricoles de qualité;
- les incertitudes liées aux modèles climatiques et à la modélisation des cultures.

4. Résultats



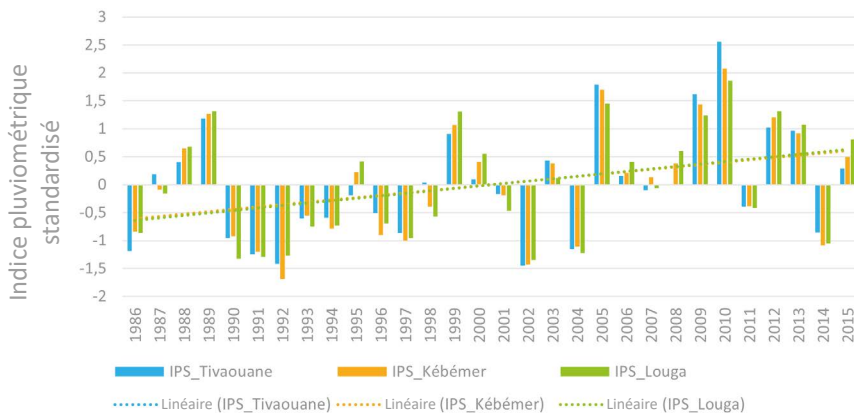
ÉVALUATION DE LA VULNÉRABILITÉ ACTUELLE

Exposition actuelle

Analyse des facteurs biophysiques

Évolution de la pluviométrie et de la température historique: Les résultats de la [figure 6](#) montrent, sur les trois départements, une variabilité de la pluviométrie historique entre 200 mm et 700 mm. L'indice pluviométrique standardisé (IPS) montre des tendances à la hausse des précipitations annuelles sur les trois sites. Cependant 58 pour cent des années sont sèches avec des extrêmes sécheresses en 1986, 1990, 1991, 1992, 2002, 2004 ainsi que 2014. Il faut noter également des années humides comme 2005, 2009, 2010, 2012 et 2013.

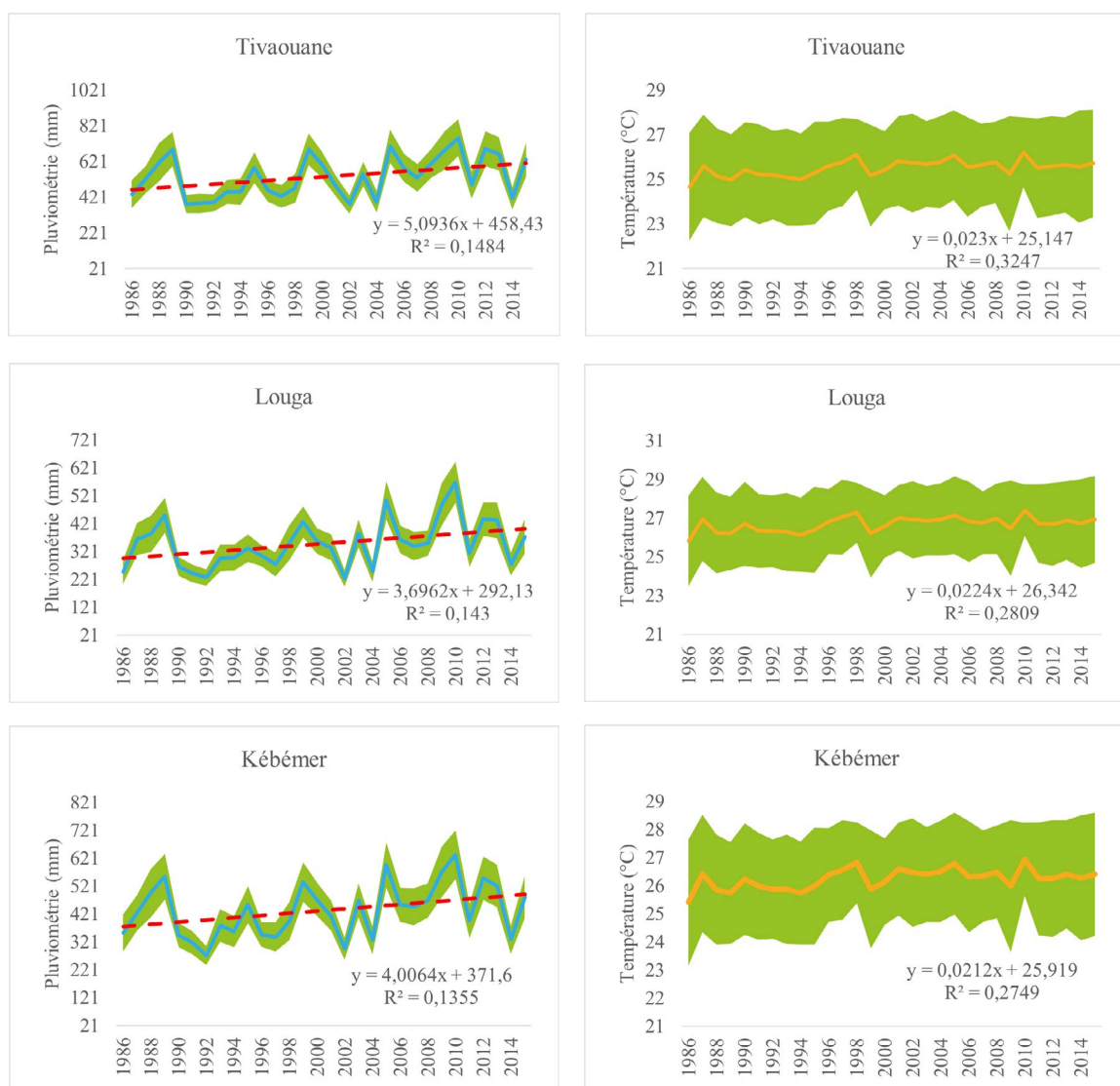
Figure 5. Indice pluviométrique standardisé dans les trois départements





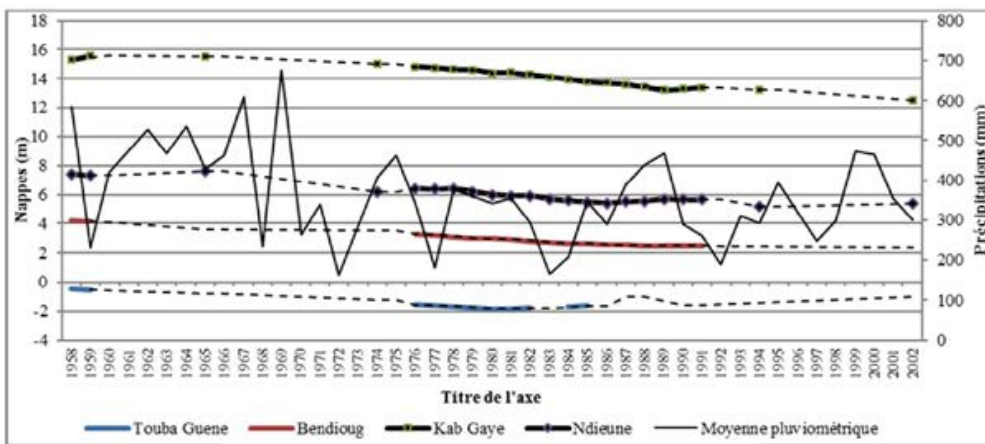
La figure 7 montre une variabilité annuelle de la pluviométrie et de la température moyenne dans les trois départements qui est notamment passée de 25 °C en 1976 à 26,7 °C en 2005. Ainsi depuis 1986 la température a augmenté de 1,7 °C dans les départements de Tivaouane, Kébémér et Louga. L'analyse du nombre de jours chauds montre une hausse de cinq jours dans le département de Tivaouane, six jours dans le département de Louga pouvant aller jusqu'à dix jours dans le département de Kébémér. En somme, une hausse du nombre de jour chauds a été notée dans cette partie de la zone des Niayes au cours des années.

Figure 6. Variation de la pluviométrie et la température historique dans les trois sites d'étude (départements de Tivaouane, Louga et Kébémér)



Variations du niveau piézométrique dans la zone des Niayes: À l’instar de la pluviométrie et des écoulements des surfaces, la dynamique hydrologique dans la zone des Niayes de 1958 à 2002 indique une nette tendance à l’épuisement des stocks au cours de la période de déficit pluviométrique (figure 8). En effet, le mouvement saisonnier des nappes est lié aux paramètres climatiques (précipitation, évapotranspiration) et à la profondeur du plan d’eau. La variabilité pluviométrique caractérisée par une tendance baissière s’accompagne d’une régression du niveau de la nappe à partir des années 1970 ayant favorisé une régression progressive du niveau de la nappe de près 0,51 m tous les dix ans en moyenne entre 1958 et 1994. Les résultats de l’analyse de Faye *et al.* (2019), sur la relation niveau de la nappe et la pluviométrie (moyenne des quatre stations) indiquent la non-stationnarité des séries qui s’est produite sur la décennie 1970 et ont indiqué que la diminution des précipitations a contribué à une baisse des niveaux d’eau souterraine. Les piézomètres de Touba Guene dans le département de Kébémér et Ndieune dans le département de Tivaouane ont, par rapport à la pluviométrie, les relations les plus élevées avec 16 pour cent de la variabilité des niveaux de la nappe à Touba Guene (11 pour cent à Ndieune, 8 pour cent à Bendioug) qui sont expliqués par la variabilité de la pluviométrie.

Figure 7. Évolution comparée des précipitations et des niveaux de la nappe de 1958 à 2002 (Faye *et al.*, 2019)



À l’échelle saisonnière, les observations effectuées ont montré une bonne signature phréatique du climat marquée par l’évolution des niveaux phréatiques traduisant les processus de recharge au cours de la saison pluvieuse puis de décharge au cours de la saison sèche. En effet, si le niveau piézométrique de la nappe a généralement connu une baisse entre juin et octobre à Kab Gaye et Bendioug, à Touba Guene, en revanche, c’est une hausse du niveau qui est



notée entre juin et octobre. Cette dynamique saisonnière des nappes fait ressortir deux types de variations du niveau des nappes:

1. une tendance à l'épuisement des stocks du fait du déficit pluviométrique dans la zone sahélienne;
2. des fluctuations saisonnières dont l'importance est fonction de la profondeur de niveau initial de la nappe et de la hauteur de pluie annuelle reçue.

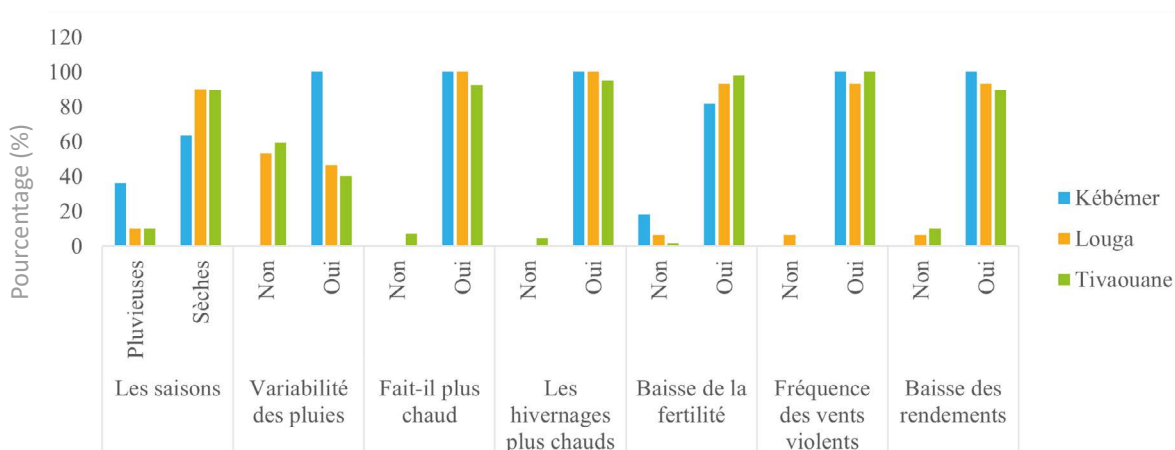
Ces deux mouvements de nappe montrent une forte vulnérabilité climatique des nappes d'eau souterraines du littoral nord sénégalais.

Analyse des facteurs socio-économiques

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. Un total de 150 questionnaires ont été administré dans les zones de l'étude dont 19 femmes et 131 hommes (annexe 1).

Perception de la variabilité climatique: Dans les trois départements les chefs de ménages perçoivent bien la variabilité et les changements climatiques ainsi que les différents effets sur le secteur de l'agriculture. Ainsi à l'échelle de la zone des Niayes, 81,2 pour cent des chefs de ménage considèrent que les saisons sont de plus en plus sèches, même s'il existe des disparités d'un département à l'autre (figure 9). Cette variabilité spatiale est perçue par 100 pour cent des chefs de ménage à Kébémér, 46,7 pour cent à Louga et 89,9 pour cent à Tivaouane. Cette même perception est faite sur la température avec des hivernages de plus en plus chauds perçus par plus de 90 pour cent des ménages dans toutes les zones de l'étude.

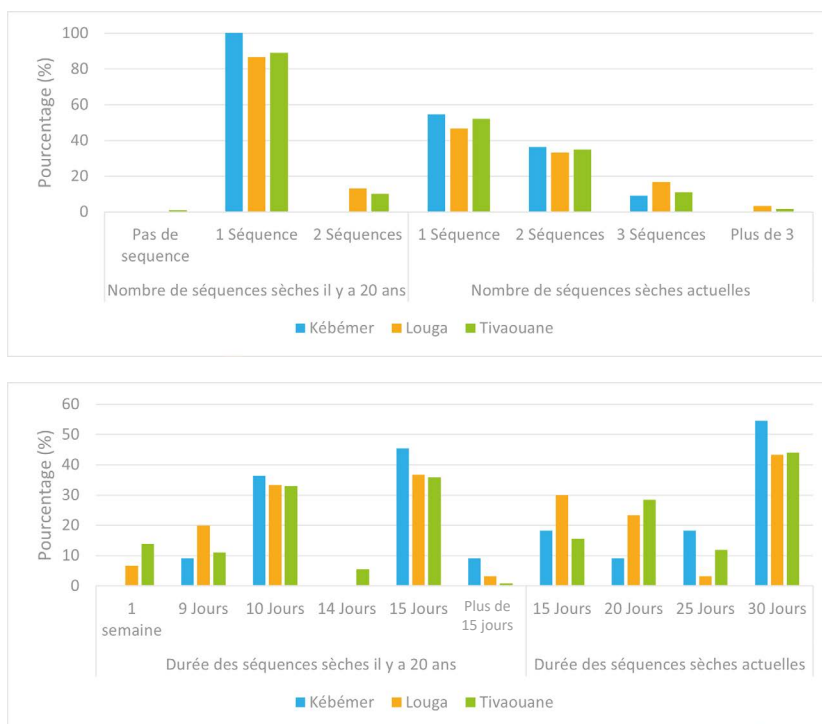
Figure 8. Perception de la variabilité pluviométrique et la température



Nombre et durée des séquences sèches dans le passé: À l'échelle de la zone de l'étude, près de 90 pour cent des chefs de ménage considèrent que dans le passé les saisons des pluies étaient marquées par une seule séquence sèche. Cette proportion est plus élevée à Kébémér ou on peut noter 100 pour cent des chefs de ménage qui sont favorables à cette affirmation. Cette séquence avait une durée d'environ dix jours maximum selon 34,2 pour cent des personnes enquêtées, et de 15 jours selon 39,3 pour cent (figure 10).

Nombre et durée des séquences sèches actuelles: Contrairement aux saisons des pluies il y a 20 ans, celles d'aujourd'hui seraient marquées également par une à deux séquences sèches selon plus de la moitié des chefs de ménage à Kébémér et à Tivaouane. Cependant, cette séquence serait d'une durée plus grande allant jusqu'à 30 jours selon 54,5 pour cent à Kébémér, 43,3 à Louga et 40 pour cent à Tivaouane (figure 10).

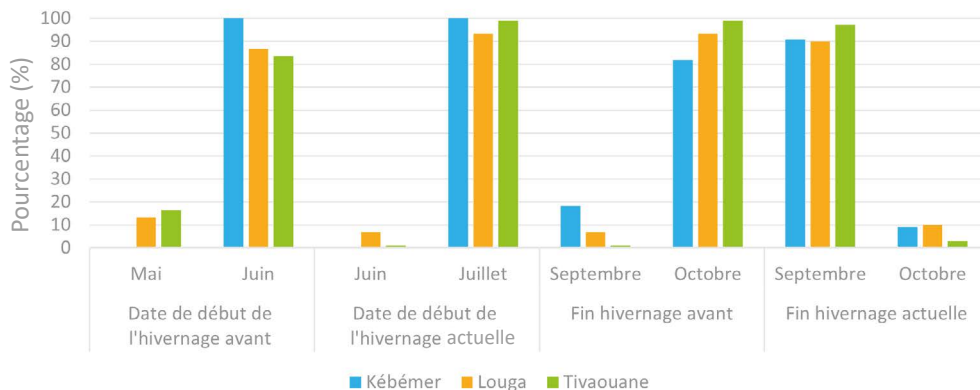
Figure 9. Nombre et durée des séquences sèches il y a 20 ans et aujourd'hui



Variation des dates de début et de fin de l'hivernage: Au niveau des deux régions de l'étude, 90 pour cent des chefs de ménages considèrent que la saison des pluies débutait au mois de juin dans le passé, alors qu'actuellement la saison débute au mois de juillet (97,5 pour cent). La fin de cette saison des pluies coïncidait avec le mois d'octobre selon 91,4 pour cent des chefs de ménage, cependant cette fin de saison serait décalée au mois de septembre (selon 92,7 pour cent). Cette perception montre clairement un décalage du début de la saison de juin à juillet et une fin précoce en septembre.



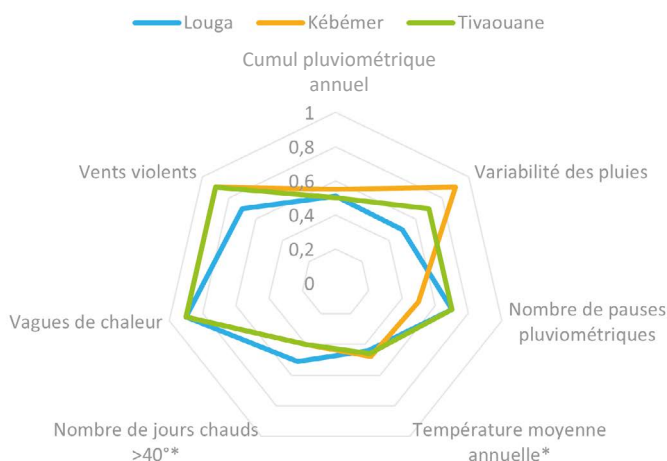
Figure 10. Date de début et de fin de la saison des pluies avant et actuelle



Calcul des indicateurs d'exposition

Il ressort de la figure 12 que les départements ont des degrés différents d'exposition actuelle aux changements climatiques. Les départements de Kébémér et Tivaouane sont plus vulnérables en termes d'exposition avec respectivement 0,66 et 0,65 alors que le département de Louga présente un léger indice d'exposition de 0,61. Parmi les indicateurs choisis, la variabilité des pluies a une forte influence notamment à Kébémér alors qu'à Louga et Tivaouane la récurrence des pauses pluviométriques est plus notée. Les vents violents et les vagues de chaleur ont également été relevés dans tous les sites de l'étude (figure 12).

Figure 11. Indicateurs d'exposition évalués avec les données socio-économiques sur les sites d'étude de la zone des Niayes et les données observées



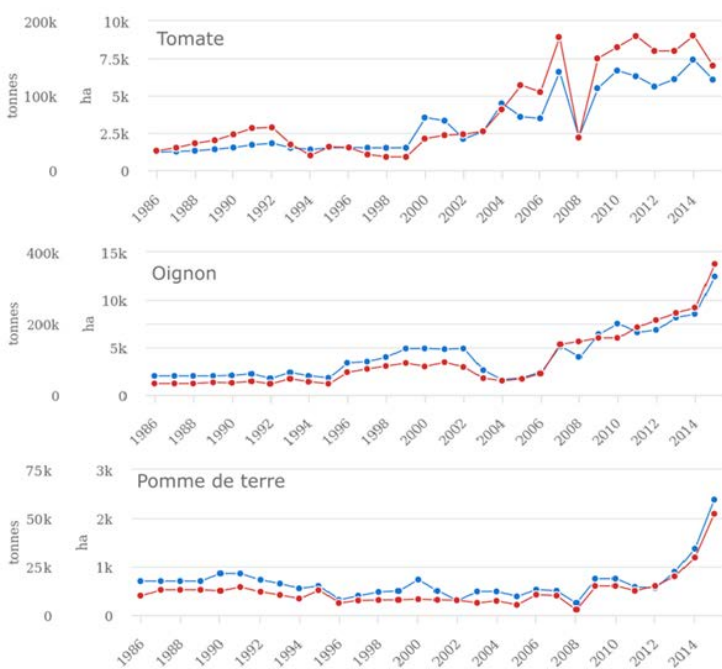
Les indicateurs avec * ont des valeurs métriques, les autres sont issues de classes catégorielles.

Sensibilité actuelle

Analyse des facteurs biophysiques

Évolution des rendements historiques (tomate, oignon et pomme de terre): Les rendements historiques de l'oignon, de la pomme de terre et la tomate provenant de FAOSTAT ont été utilisés en raison de l'indisponibilité de données de bonne qualité sur la zone des Niayes. La figure 13 montre une hausse progressive des rendements historiques de la tomate, de l'oignon et de la pomme de terre. Le même constat est fait sur les surfaces emblavées qui suivent la même tendance. Cependant, il est important de noter la variabilité interannuelle avec une évolution en dent de scie pour les trois spéculations. L'année 2008 est marquée par une chute drastique des productions de tomate et de pomme de terre.

Figure 12. Évolution des rendements historiques de tomate, oignon et pomme de terre à l'échelle du Sénégal (Source: FAOSTAT)



La courbe bleue montre la production annuelle et la courbe rouge correspond aux superficies emblavées.



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 la tomate et la pomme de terre qui montre une relation significative entre le rendement et la température. Avec ces deux spéculations, les coefficients de corrélation sont inférieurs au seuil significatif de 0,05, cela montre que les corrélations entre la moyenne de la température et les rendements des cultures sont fortes.

Tableau 3. Coefficients de corrélation (P-value) entre le rendement et les paramètres climatiques

Culture/Paramètre	Moyenne pluviométrie	Moyenne température
Oignons (kg/ha)	0,281	0,119
Pomme de terre (kg/ha)	0,098	-0,011
Tomate (kg/ha)	0,098	0,008

Analyse des facteurs socio-économiques

L'analyse des données socio-économiques a permis d'évaluer les productions des différentes cultures en contre-saison froide (CSF) et contre-saison chaude (CSC). En effet, l'oignon et la pomme de terre constituent les deux principales spéculations cultivées en CSF avec une production moyenne par producteur estimée respectivement à 11 901 kg et 15 997 kg ([figure 14](#)). Ceci à cause de leurs exigences thermiques et leurs cycles de production, cependant l'oignon est plus produit en CSC avec des productions pouvant aller jusqu'à 17 613 kg. La demande en engrais est plus importante pour la pomme de terre, le chou puis la tomate, pouvant atteindre respectivement 7 251 kg, 3 983 kg et 2 868 kg ([figure 14](#)).

Figure 13. Caractéristiques des productions en contre-saison froide dans la zone des Niayes

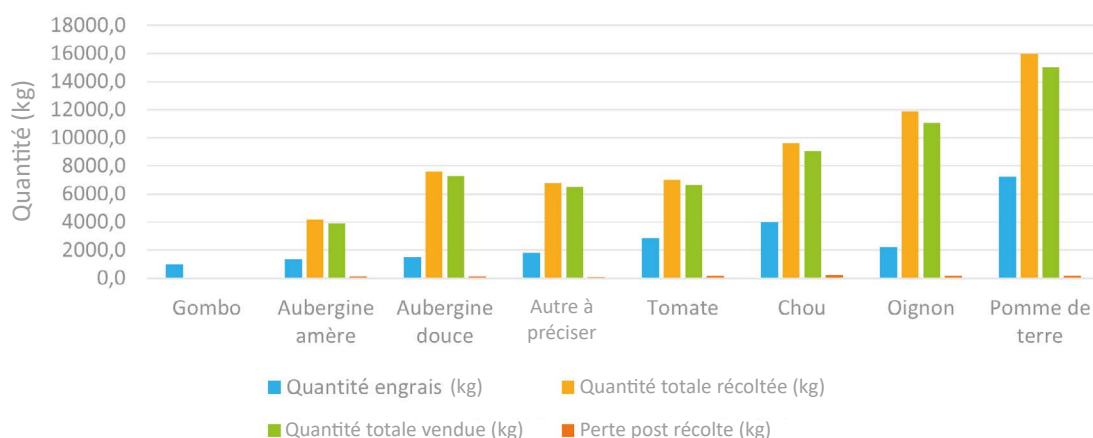
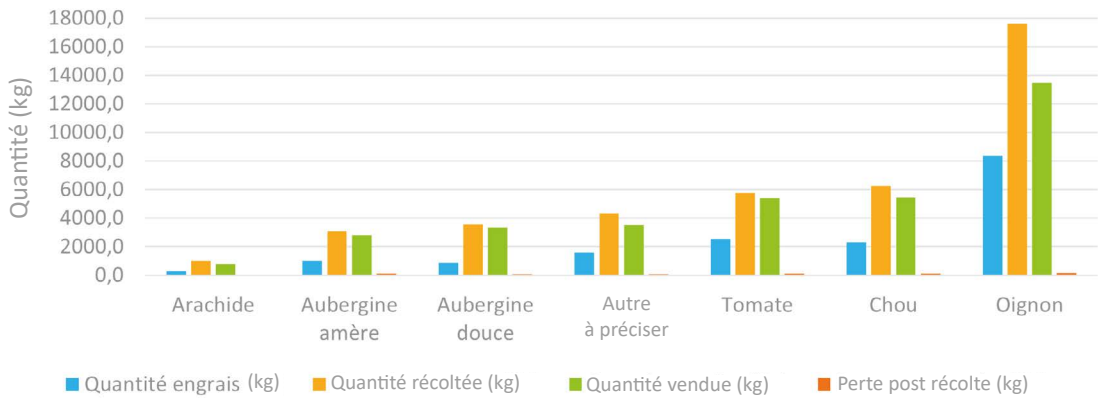
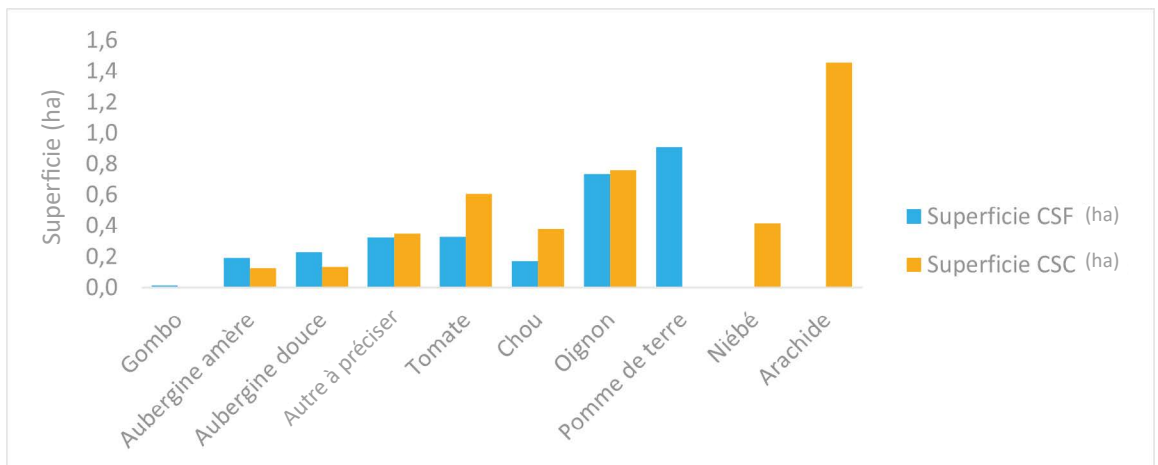


Figure 14. Caractéristiques des productions en contre-saison chaude dans la zone des Niayes



En termes de surface emblavées et en fonction des saisons, une prédominance de la pomme de terre en CSC avec des emblavures pouvant atteindre 0,9 ha/producteur est observée alors que les emblavures de l'oignon sont en moyenne 0,7 ha/producteur et la tomate 0,3 ha/producteur (figure 15). Ces emblavures sont plus importantes en CSF et peuvent atteindre 0,6 pour la tomate, 0,76 pour l'oignon. Du fait de son calendrier cultural adapté à la CSC, la pomme de terre n'est pas cultivée en CSF. A côté des cultures maraîchères, une diversification des cultures est faite avec l'arachide et le niébé cultivés en CSC avec des emblavures pouvant atteindre respectivement 1,45 et 0,4 ha/producteur.

Figure 15. Surfaces emblavées en fonction de chaque culture en contre-saison froide et chaude





En termes de dépense en semence et en énergie (entretien, irrigation, etc.), la pomme de terre et l'oignon sont des spéculations les plus concernées (tableau 4).

Tableau 4. Coût des intrants agricoles par culture et par saison

	Coût semences CSF (francs CFA)	Coût semences CSC (francs CFA)	Coût en énergie CSF (francs CFA)	Coût en énergie CSC (francs CFA)
Niébé	0,0	6 000,0	0,0	0,0
Arachide	0,0	75 333,3	0,0	20 000,0
Gombo	2 250,0	0	37 500,0	0
Aubergine amère	23 581,3	19 515,4	57 493,9	52 923,1
Aubergine douce	22 451,4	15 557,7	76 944,4	45 211,5
Autre à préciser	44 663,4	48 306,8	94 416,7	69 878,2
Tomate	48 322,2	112 850,5	94 588,9	110 760,6
Chou	70 697,5	67 118,5	104 461,5	81 898,8
Oignon	133 558,7	132 166,7	202 221,6	272 780,0
Pomme de terre	317 070,5	0,0	224 288,4	0,0

Évaluation des performances agronomiques des systèmes de production maraîchère

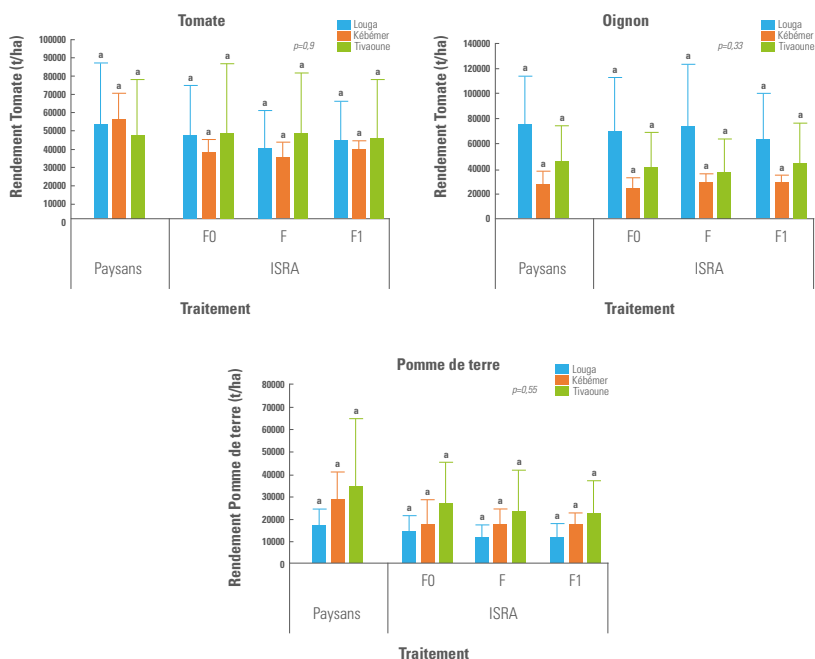
Pour évaluer les performances agronomiques de la tomate, de l'oignon et de la pomme de terre des expérimentations ont été menées dans les parcelles des producteurs(trices) de la zone des Niayes. Quatre zones d'études ont été choisies et dans chacune de ces zones des producteurs(trices) ont été sélectionné(e)s avec l'appui des organisations paysannes (OP) et des services techniques (Direction régionale du développement rural (DRDR), Service départemental du développement rural (SDDR), Agence nationale de conseil agricole rural (ANCAR), Eaux et forêts) (Image 1). Dans la zone de Santhiou Ndong, trois producteurs(trices) par spéculation ont été choisis soit neuf parcelles. Sur l'axe Mboro-Diogo, six producteurs(trices) par spéculation ont été choisis soit 18 parcelles. Dans la zone de Lompoul, quatre producteurs(trices) par spéculation ont été choisis soit 12 parcelles et dans la zone de Potou, quatre producteurs(trices) par spéculation, soit 12 parcelles. Au total, 51 parcelles ont été choisies soit 17 parcelles par spéculation et dans chaque parcelle six planches (trois pour le producteur et trois pour l'ISRA). En somme, 306 planches ont été suivies dont 153 pour les producteurs(trices) et 153 par l'ISRA. Une approche comparative a été utilisée pour évaluer les pratiques des producteurs(trices) et les mesures conventionnelles indiquées par la recherche scientifique avec une variation des doses de matière organique (annexe 1: [Évaluation des performances agronomiques](#)). Pour prendre en compte l'aspect genre, 35 pour cent des producteurs(trices) choisis étaient des femmes. Parmi les 51 parcelles, 39 ont été récoltées (13 par spéculation), les autres ont été éliminées soit à cause des attaques d'écureuils ou d'insectes, soit à cause d'une mauvaise gestion des traitements ou un désistement des producteurs(trices).



Image 1: Rencontre à Potou (Louga) pour la sélection des producteurs(trices) de l'oignon, de la pomme de terre et de la tomate avec l'aide de Abdoulaye Ba (ANCAR), Saer Gueye (Directeur maison familiale Potou), Mariama Ba (présidente OP) et Moussa Ka (producteur).

La figure 17 présente les rendements de la tomate, de l'oignon et de la pomme de terre obtenus via l'application des traitements issus des pratiques paysannes et des trois traitements de l'ISRA (fumure organique à la dose recommandée (F), 25 pour cent de moins que la dose recommandée (FO) et 25 pour cent de plus que la dose recommandée (F1)) issus des essais agronomiques de la campagne 2020-2021 dans les départements de Louga, Kébémér et Tivaouane.

Figure 16. Rendements moyens de la tomate, de l'oignon et de la pomme de terre de la campagne 2020/2021 sur les parcelles suivies dans les trois départements d'étude



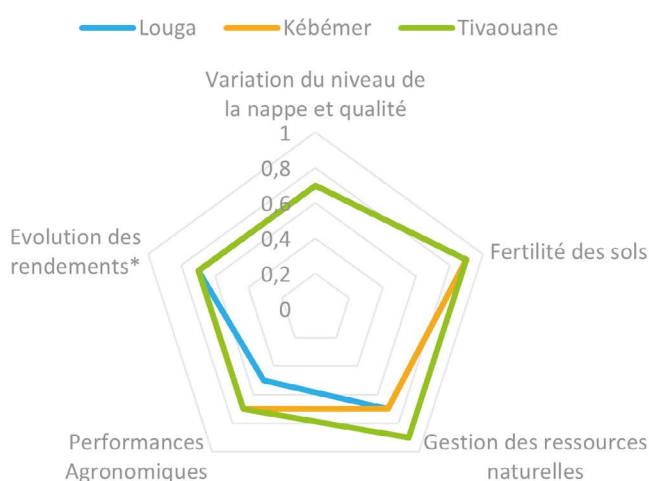


L'analyse statistique des résultats ne montre aucune différence significative entre les rendements des quatre traitements quelle que soit la spéculation et la zone d'étude. Néanmoins, pour les trois cultures maraîchères les rendements les plus élevés ont été obtenus au niveau des pratiques paysannes. Ces résultats peuvent s'expliquer par une similarité entre les recommandations de la recherche et les pratiques paysannes. En effet, les producteurs(trices) appliquent la fumure organique comme fumure de fond et la fumure minérale pour l'entretien des cultures ainsi que la rotation culturale, la jachère et l'utilisation de variétés améliorées. Ainsi, les producteurs(trices) maîtrisent les pratiques culturales et la gestion des apports organo-minérale. Les rendements élevés des parcelles des paysans s'expliquent par les densités élevées de semis chez les producteurs(trices) par rapport à celles recommandées par la recherche, donc l'effet pourrait être au niveau de la qualité des rendements. Les rendements n'ont également pas été significativement différents malgré les différentes doses d'apport de matière organique que nous avons testées. Ceci s'explique soit par la faible différence entre les trois doses soit par la décomposition lente de la matière organique.

Calcul des indicateurs de sensibilité

Il ressort des indicateurs de sensibilité que les départements ont des degrés de sensibilité actuelle à la variabilité climatique relativement similaires. Néanmoins, il convient de noter que les départements de Kébémér et Tivaouane sont actuellement plus sensibles et présentent un indice similaire élevé de 0,78 alors celui du département de Louga est de 0,74 (figure 18). Parmi les facteurs de sensibilité identifiés et déterminant, il y a la variation du niveau de la nappe et la qualité des eaux, la fertilité des sols et la gestion des ressources naturelles. Il faut noter qu'en plus des facteurs climatiques, ces deux départements sont fortement exposés aux conséquences de l'exploitation minière des Industries chimiques du Sénégal (ICS) à Mboro et du Zircon à Diogo. Ces facteurs peuvent amplifier ainsi la sensibilité des secteurs comme l'agriculture étroitement liée à ces ressources naturelles.

Figure 17. Indicateurs de sensibilité évalués avec les données biophysiques et socio-économiques sur les sites d'étude

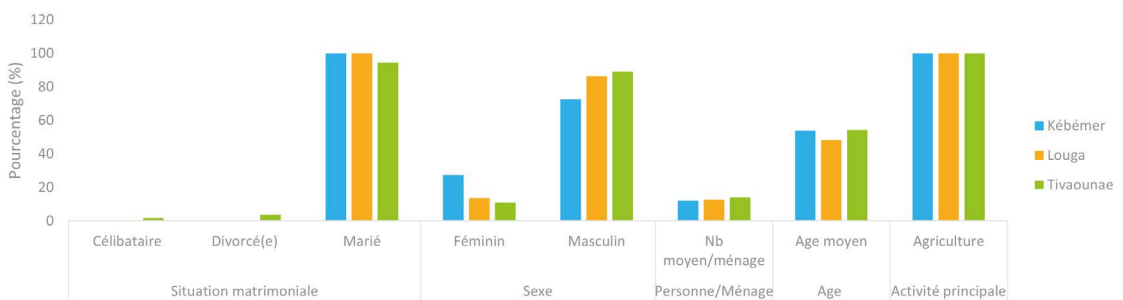


Capacité d'adaptation actuelle

Profil des ménages

Au niveau de la zone des Niayes, les ménages sont majoritairement dirigés par les hommes (82,6 pour cent) (figure 19). Les femmes sont faiblement représentées avec seulement 17,4 pour cent des observations. Cette répartition est également notée au niveau départemental avec près de 90 pour cent des chefs de ménage qui sont des hommes à Tivaouane. L'âge moyen des chefs de ménage est de 52 ans à l'échelle de la zone étudiée et sensiblement plus élevé à Kébémér et à Tivaouane respectivement 53,9 et 54,4 ans en moyenne. Ces résultats expliquent une certaine maturité et une grande expérience de ces chefs de ménages agricoles à mener à bien leurs activités. Les chefs de ménage sont pour la plupart mariés (98,2 pour cent). Cette proportion est plus élevée à Kébémér et à Louga (100 pour cent), les célibataires et les divorcé(e)s sont très faiblement représentés à l'échelle régionale (1,6 pour cent). Le nombre de personnes en charge par les chefs de ménage est de 13 en moyenne au niveau régional, cette proportion est plus élevée à Tivaouane ou elle peut atteindre 14 et plus faible à Kébémér et Louga ou elle est de 12. Les chefs de ménages, lors des dix dernières années, ont dans leur globalité l'agriculture comme activité principale. En outre, la plupart d'entre eux pratiquent l'agriculture depuis les années 2000. Actuellement, l'agriculture est pratiquée à 99,4 pour cent au niveau régional. Comme activité secondaire, il y a le commerce, pratiqué à 37,2 pour cent, suivi de l'élevage à 25,7 pour cent. Si l'agriculture est la principale activité au niveau régional, il existe de petites disparités à l'échelle du département. Ainsi, on note que la pratique des activités secondaire comme le commerce est plus élevée à Kébémér (45,5 pour cent) et à Louga (41,4 pour cent). Cependant, l'élevage est plus développé à Tivaouane (36,7 pour cent).

Figure 18. Critères utilisés pour définir le profil des ménages



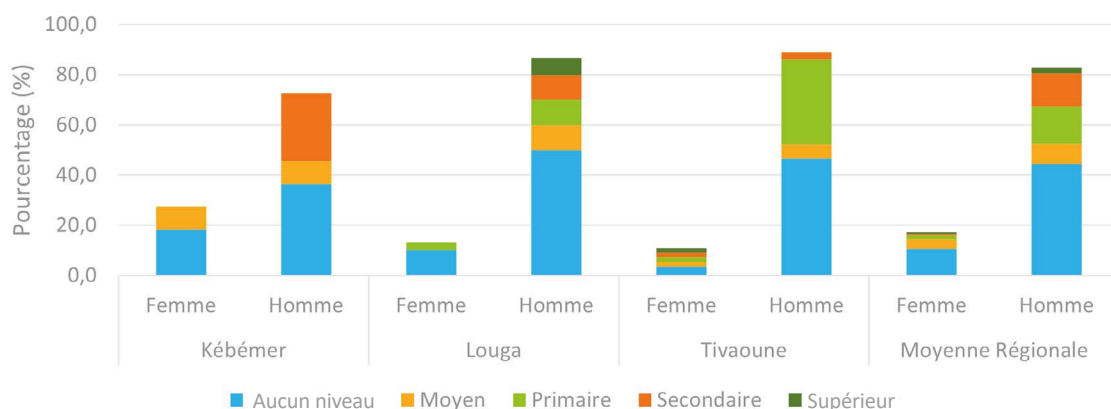
Niveau d'instruction

À l'échelle régionale, le niveau d'instruction en français chez les hommes est plus élevé et est de 82,8 pour cent alors que chez les femmes ce niveau est de 17,2 pour cent. Le même cas de figure est observé dans les trois zones de l'étude chez les hommes avec respectivement les départements de Tivaouane, Louga et Kébémér qui enregistrent 89, 86,7 et 72,7 pour cent. Chez les femmes le taux d'instruction dans les trois départements respectifs est de 11, 13,3 et 27,3 pour cent. À l'échelle de la zone d'étude, le pourcentage de chefs de ménage avec aucun niveau est plus élevé parmi les différents niveaux d'instructions atteignant 55 pour cent, le niveau primaire 16,4, moyen 11,8 pour cent, secondaire 14 pour cent alors que seulement 2,8 pour cent ont atteint le niveau supérieur. Ainsi, ce faible niveau d'éducation en français des chefs de ménage pourrait constituer une



contrainte dans la bonne pratique agricole, dans la mesure où le capital humain contribue à l'augmentation de la productivité agricole. En effet, la plupart des technologies sont disponibles sous forme de fiche et généralement en français, ce qui peut être une contrainte pour ces chefs d'exploitation (figure 20).

Figure 19. Niveau d'instruction en français des chefs de ménage



Appartenance à une organisation de producteurs (OP)

Le taux d'appartenance à une organisation de producteurs est de 13,5 pour cent pour les femmes et de 35,3 pour cent pour les hommes au niveau de la zone d'étude. En outre, la proportion de ménages n'ayant jamais été membre d'une organisation paysanne s'élève à 59,1 pour cent. En effet, l'appartenance à une organisation montre un besoin d'aller vers l'information mais surtout de se regrouper pour capter les opportunités. Dans les OP, 46,5 pour cent des chefs de ménage sont des membres simples (12,3 pour cent de femmes et 34,1 pour cent des hommes), seul 11,8 pour cent de responsable dans les OP (dont 9,7 pour cent des hommes et 2 pour cent de femmes). Les postes à responsabilités sont ainsi principalement occupés par les hommes dans les OP (figure 21).

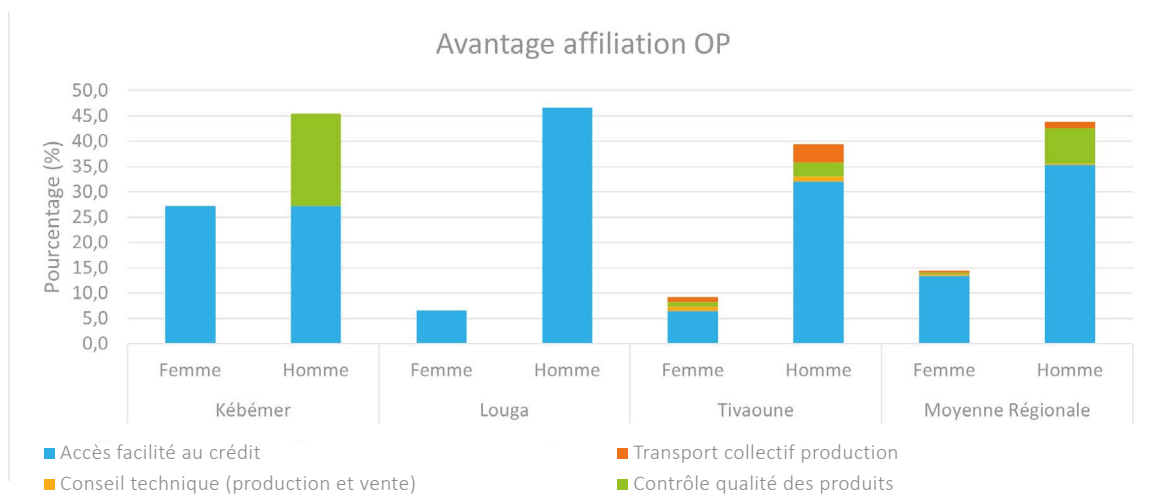
Figure 20. Statut des chefs de ménages dans les organisations paysannes



Les types d'organisation sont généralement des organisation paysanne, des coopératives, des groupements d'intérêt économique (GIE), d'interprofession, d'association culturelle, des organisations non gouvernementales (ONG), etc. À l'échelle de la zone d'étude, les chefs de ménages sont plus affiliés aux ONG (21 pour cent dont 0,7 pour cent de femmes et 20,3 pour cent d'hommes) et coopératives (20 pour cent dont 3,3 pour cent de femmes et 16,7 pour cent d'hommes). Cette dernière des coopératives est observée dans les départements de Kébémér (72,7 pour cent) et Louga (46,7 pour cent). En revanche, les chefs de ménages des départements de Tivaouane travaillent plus avec les ONG (28,4 pour cent).

Les obligations des membres d'organisation se résument aux cotisations, au droit d'adhésion, au respect des engagements et à la participation aux réunions. Les résultats révèlent que dans la zone des Niayes, le droit d'adhésion constitue une obligation pour la totalité des membres d'organisation. Ensuite, les cotisations viennent en première position (94 pour cent), suivies de la participation aux réunions chez les témoins (64 pour cent) et du respect des engagements chez les bénéficiaires (39 pour cent). L'accès facilité au crédit constitue l'avantage principal selon les producteurs(trices) avec près de 48,8 pour cent dont 13,5 pour cent des femmes et 35,3 pour cent des hommes (figure 22).

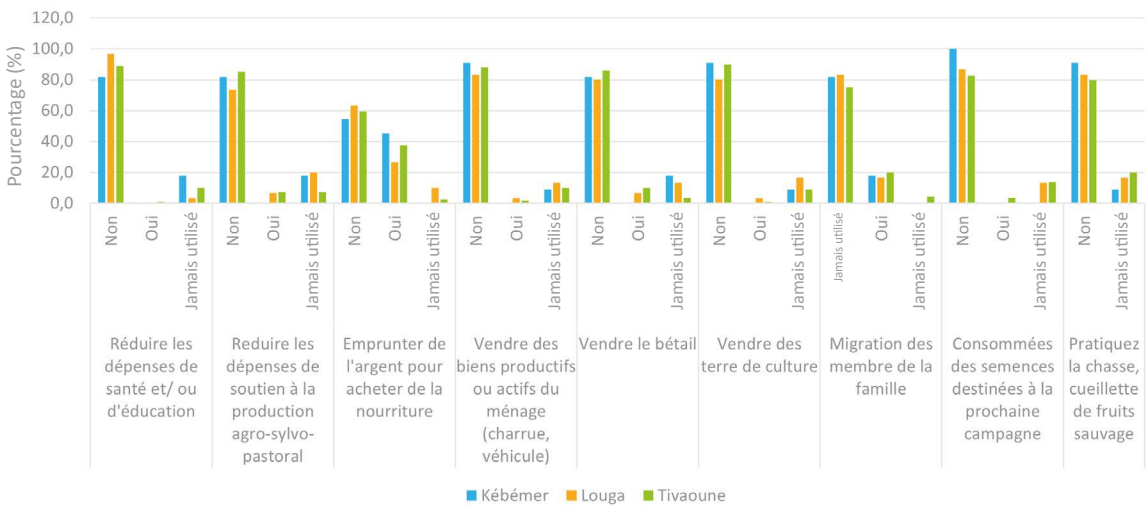
Figure 21. Avantages de l'appartenance à une organisation de producteurs



Moyens de subsistance du ménage

À part l'agriculture qui est l'activité principale de tous les chefs de ménages et la principale source de revenus des ménages, d'autres stratégies sont développées pour compléter les revenus (figure 23 à la page 31). Au cours des dix dernières années les chefs de ménages dans les trois départements ont privilégié la réduction des dépenses de santé et d'éducation, et de soutien à la production agro-sylvo-pastorale. La migration des membres de la famille est également une stratégie très courante. La vente de biens productifs ou de bétail est en revanche peu pratiquée.

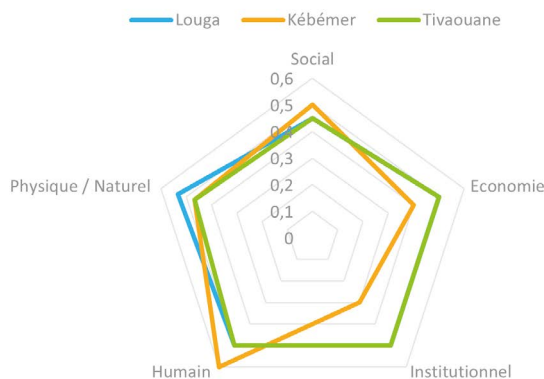
Figure 22. Stratégies développées pour subvenir aux besoins du ménage



Calcul des indicateurs de capacité d'adaptation

La figure 24 présente les résultats du calcul des indicateurs de capacité d'adaptation actuelle. Il ressort de ce tableau que les départements ont des capacités d'adaptation aux changements climatiques relativement similaires. Les localités se retrouvant dans le département Louga, ont une plus forte capacités d'adaptation actuelle et elles présentent les indices les plus élevés (IC = 0,50). Cette capacité d'adaptation est favorisée par les capacités physiques/naturelles permettant d'améliorer la sensibilité du secteur comme l'accès au foncier foncier, l'accessibilité à des semences adaptées, les équipements agricoles à disposition, etc. À l'opposé, les localités situées dans les départements de Kébémér et Tivaouane ont des capacités d'adaptation faibles de l'ordre de 0,49 et 0,47 respectivement, liées probablement aux ressources financières moindres des ménages, même si le niveau d'instruction et leur degré d'affiliation aux OP sont élevés (figure 24).

Figure 23. Indicateurs de capacité d'adaptation évalués avec les données socio-économiques sur les sites d'étude dans la zone des Niayes



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 plus vulnérables. Lorsque les indices d'exposition et de sensibilité en indice d'impact sont agrégés, il en résulte que les communes situées dans le département de Kébémér et Tivaouane sont les plus potentiellement affectées par le changement climatique. L'agrégation des indicateurs composites des différentes composantes de la vulnérabilité (tableau 5) révèle que le département de Tivaouane est le plus vulnérable à la variabilité climatique avec un Indice de vulnérabilité (IV) de 0,96. Les communes situées dans le département de Kébémér et Louga seraient relativement moins exposées avec un IV respectivement de 0,81 et 0,92 (tableau 5). 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 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 5. Indicateurs composites des différentes composantes de la vulnérabilité à l'échelle départementale

Composantes de vulnérabilité	Louga	Kébémér	Tivaouane
Exposition	0,61	0,66	0,65
Sensibilité	0,70	0,74	0,78
Impacts potentiel	1,31	1,40	1,43
Capacité d'adaptation	0,50	0,49	0,47
Vulnérabilité	0,81	0,92	0,96

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 futures de rendement réponse aux changements environnementaux. En effet, il n'y a pas de consensus entre les modèles de climat quant à l'impact du réchauffement climatique sur les pluies au Sahel (Cook et Vizi 2006; Druyan 2010). Certains modèles faisant état d'une possible aridification, d'autres 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 à travers des études dédiées aux impacts du climat sur l'agriculture qui étaient jusqu'alors menées de manière très isolée et fragmentée est fait grâce aux 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 limité par la performance du modèle et également par la variabilité spatiale (Li *et al.*, 2015). Dans cette étude, nous avons utilisé la moyenne d'ensemble de sept modèles CORDEX, ce qui constitue un point fort pour éviter 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 des régions de Thiès et Louga montre que quel que soit l'horizon et le scénario, le cumul pluviométrique pourrait diminuer (figure 25). Ces résultats sont en accord avec ceux de Deme *et al.*, (2015). Cette diminution est plus importante à l'horizon 2035 pour le scénario RCP4.5, cependant elle devient plus importante à l'horizon 2050 avec le scénario RCP8.5 (tableau 6). Le cumul pluviométrique connaîtra une diminution jusqu'à $12,6 \pm 0,33$ pour cent selon RCP4.5 et $15,2 \pm 0,24$ pour cent avec le scénario RCP8.5 par rapport au cumul pluviométrique de la saison de référence. Ces changements ont été obtenus par l'ensemble des modèles donc la probabilité est plus élevée.

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 Kébémér et de $1,5 \text{ °C}$ à Tivaouane. Suivant le scénario RCP8.5, cette augmentation sera plus accentuée, atteignant $2,2 \text{ °C}$ à Kébémér et $2,04 \text{ °C}$ à Tivaouane soit respectivement une hausse de $6,3 \pm 0,03$ pour cent et $7,8 \pm 1,04$ pour cent (tableau 6).

Cette hausse de la température aura sans doute un lien avec l'évapotranspiration qui va aussi augmenter quel que soit le scénario et l'horizon considéré. Suivant le scénario RCP4.5, une hausse de $4,7 \pm 0,20$ à Kébémér et de $4,4 \pm 0,18$ à Tivaouane pourrait être observée. Cette augmentation sera plus importante avec le scénario RCP8.5 avec $6,2 \pm 0,65$ pour cent à Kébémér et $5,8 \pm 0,61$ pour cent de plus que la période de référence (tableau 6).

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

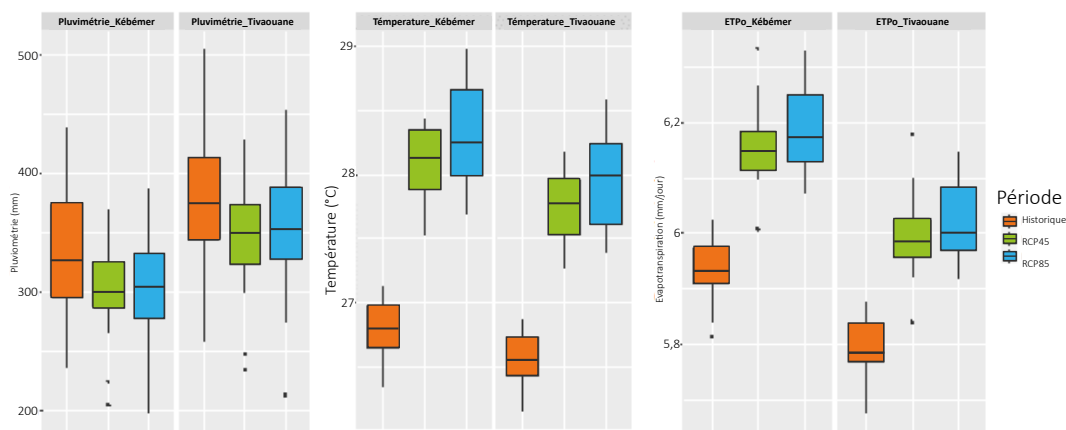
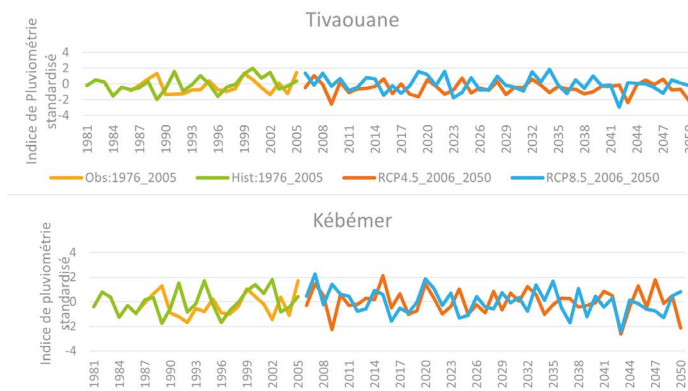


Tableau 6. Évolution des paramètres climatiques de 2020 aux horizons 2035 et 2050

Département	Paramètre climatique	Horizon 2030 – RCP4.5	Horizon 2030 – RCP8.5	Horizon 2050 – RCP4.5	Horizon 2050 – RCP8.5
Kébémér	Cumul pluviométrique	$-9,4 \pm 0,37$	$-5,1 \pm 0,21$	$-12,6 \pm 0,33$	$-15,2 \pm 0,24$
	Température	$2,9 \pm 0,36$	$3,2 \pm 0,60$	$6,3 \pm 0,03$	$8,4 \pm 1,08$
	Évapotranspiration	$2,6 \pm 0,31$	$2,4 \pm 0,29$	$4,7 \pm 0,20$	$6,2 \pm 0,65$
Tivaouane	Cumul pluviométrique	$-7,6 \pm 0,20$	$-3,3 \pm 0,18$	$-11,4 \pm 0,21$	$-12,1 \pm 0,18$
	Température	$2,8 \pm 0,26$	$3,0 \pm 0,59$	$5,9 \pm 0,02$	$7,8 \pm 1,04$
	Évapotranspiration	$2,4 \pm 0,21$	$2,2 \pm 0,15$	$4,4 \pm 0,18$	$5,8 \pm 0,61$

L'évolution de l'indice pluviométrique standardisé (IPS) (figure 26), 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 sèches. Au-delà de 2045, les projections montrent une recrudescence des événements de sécheresse qui pourraient être extrêmes comme en 1983. Il faut noter aussi la forte variabilité interannuelle de l'IPS qui pourrait entraîner l'apparition d'années très humides à l'intérieur des périodes très à extrêmement sèches.

Figure 25. Évolution de l'indice de pluviométrique standardisé de l'historique, de l'observation, du scénario RCP4.5 et du scénario RCP8.5

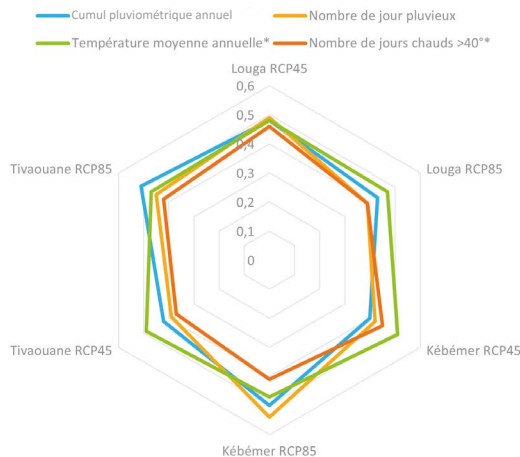


Évolution de l'IPS historique (vert), observé (orange), et estimé à partir des scénarios RCP4.5 (bleu) et RCP8.5 (rouge).

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 différents départements auront des expositions relativement similaires face aux changements climatiques en fonction du scénario d'émission de gaz à effet de serre (GES) (figure 27). En effet, selon le scénario RCP4.5, les trois départements auront un niveau d'exposition élevée comprise entre 0,45 et 0,48 (figure 27). La même tendance est attendue mais avec une exposition plus prononcée à Kébémér et à Louga avec le scénario RCP8.5 (figure 27).

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



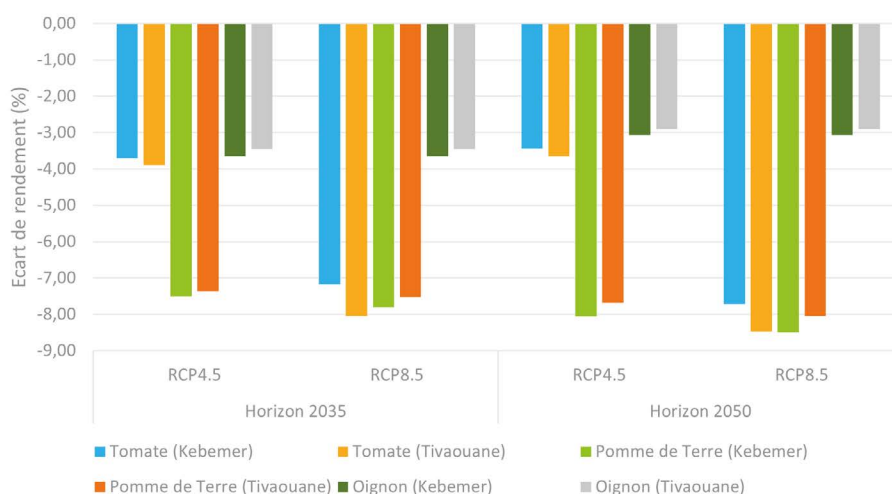


Sensibilité future

Projection des rendements futurs

La figure 28 montre les écarts de rendements pour l'oignon, la tomate et la pomme de terre au niveau de la zone des Niayes aux horizons 2035 et 2050. Les résultats montrent une légère baisse des rendements de ces trois cultures maraîchères selon les deux modèles (RCP4.5 et RCP8.5). Selon le scénario RCP4.5 à Kébémér, les rendements de la tomate, de la pomme de terre et de l'oignon vont baisser respectivement de -3,71 pour cent, -7,5 pour cent et -3,65 pour cent à l'horizon 2035 et de -3,45 pour cent, -8,06 pour cent et -3,07 pour cent à l'horizon 2050. Cependant à Tivaouane une baisse du rendement de la tomate, de la pomme de terre et de l'oignon respectivement de -3,89 pour cent, -7,36 pour cent et -3,45 pour cent est attendu à l'horizon 2035 et de -3,65 pour cent, -7,68 pour cent et -2,90 pour cent à l'horizon 2050. Les mêmes tendances avec de baisses légèrement plus importantes dans les différents sites sont observées avec le scénario RCP8.5.

Figure 27. Écarts de rendements de la tomate, l'oignon et la pomme de terre aux horizons 2035 et 2050, par rapport à la période de référence 1976-2005



Projections faites avec le modèle AQUACROP

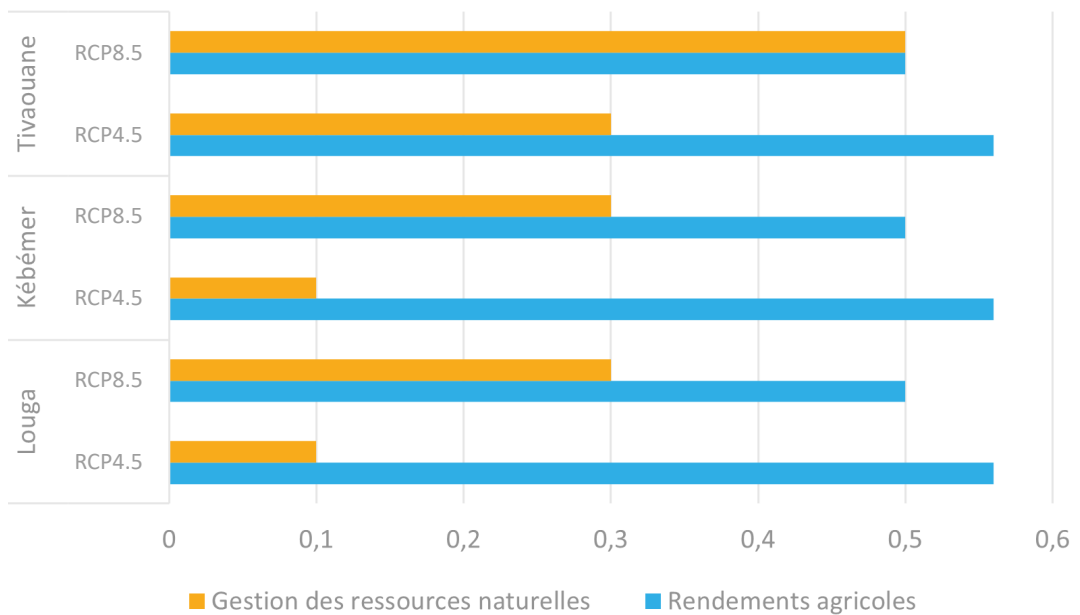
Cette légère baisse des rendements prévus des cultures maraîchères (pomme de terre, oignon et tomate) pourrait être expliquée par l'interaction de plusieurs facteurs climatiques et non climatiques. En effet, même si les projections montrent une baisse et une irrégularité des pluies futures et une hausse de la température, l'impact de l'augmentation attendu du CO² a un impact positif sur les rendements de certaines cultures comme les tubercules (pomme de terre) mais aussi la tomate. Cette hausse du CO² l'emporte sur celui de l'augmentation de la température qui entraîne une transpiration plus forte de la plante et donc un plus grand besoin d'eau. On parle même de fertilisation par CO² qui devrait compenser quelque peu les pertes de récoltes. Cependant la hausse de la température attendue pour le futur se solde surtout par une détérioration de la qualité des rendements très peu encore étudiés. Cet impact négatif dépend du degré du stress thermique et le stade de développement de la plante. Par exemple chez la tomate la floraison ne

peut se faire avec des températures extrêmes (l'autofécondation est quasi-impossible au-dessus de 38 °C). Toutefois, l'interaction entre une concentration élevée de CO² et le réchauffement sur le développement des cultures n'a pas été assez étudiée pour pouvoir en tirer des conclusions probantes.

Calcul des indicateurs de sensibilité future

L'analyse de la sensibilité future montre que, compte tenu de la hausse des rendements notée dans le futur, les cultures seraient non sensibles aux effets des changements climatiques. Cependant, compte tenu des facteurs à tenir en compte dans la gestion du système de culture maraîchers, il est difficile de justifier cette hausse comme une non-sensibilité aux changements climatiques futurs. Néanmoins, il faut noter qu'il existe d'autres facteurs comme l'exploitation des ressources naturelles (phosphate, zircon) qui est indirectement liée à la sensibilité de l'agriculture dans la zone des Niayas. Selon les indicateurs identifiés liés à l'agriculture et aux ressources naturelles, le département de Tivaouane serait le plus sensible des trois, quel que soit le scénario considéré (figure 29).

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

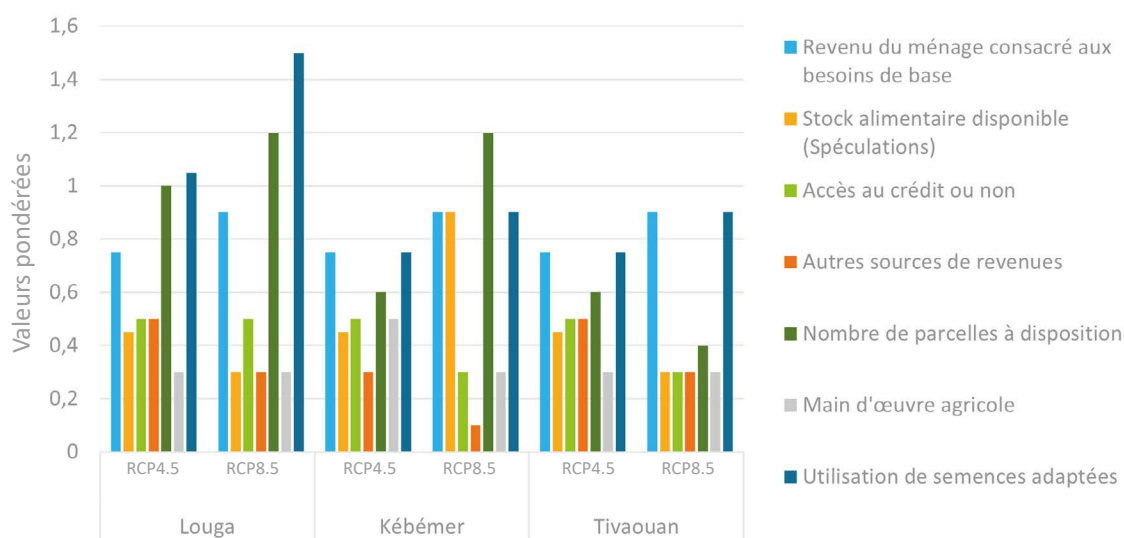




Capacité d'adaptation future

Selon les deux scénarios d'indicateurs de capacité adaptative définis en lien avec les RCP4.5 et 8.5, les départements auront des différences de capacité adaptative dans le futur (figure 30). Ainsi, dans tous les départements et selon les deux scénarios, un revenu du ménage consacré aux besoins de base du ménage, l'accès à la terre et l'utilisation de semences adaptées constitueront des éléments importants dans le système agricole et seront des conditions déterminantes pour une bonne capacité adaptative. Ces différents éléments détermineront la performance agronomique des agriculteurs(trices) dans les zones rurales. 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.

Figure 29. Principaux déterminants de capacité adaptative identifiés pour la période future



Analyse de la vulnérabilité future

La vulnérabilité constitue l'agrégation de la capacité d'adaptation et les impacts potentiels pondérés. Ainsi les zones particulièrement vulnérables sont caractérisées par un fort impact potentiel et une faible capacité d'adaptation. Selon le scénario RCP4.5, les départements de Kébémér et Tivaouane seraient plus vulnérables aux changements climatiques (tableau 7 à la page 38). Cette vulnérabilité va s'accroître davantage avec le scénario RCP8.5. La même configuration est observée avec le scénario RCP8.5 ou on retrouve encore le département de Tivaouane qui serait le plus vulnérable dans le futur (tableau 7 à la page 38).

Tableau 7. Indicateurs composites des différentes composantes de la vulnérabilité

Composante de plus vulnérabilité	Louga		Kébémér		Tivaouane	
	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5
Exposition	0,48	0,42	0,44	0,48	0,42	0,46
Sensibilité	0,33	0,40	0,33	0,40	0,43	0,50
Impact Potentiel	1,28	2,49	1,22	2,73	1,27	2,85
Capacité d'adaptation	0,48	0,31	0,41	0,29	0,41	0,21
Vulnérabilité	0,80	2,18	0,81	2,44	0,86	2,64

Les résultats de notre étude ont montré d'une manière générale une augmentation des températures et une variabilité de la pluviométrie d'une année à l'autre dans les trois départements d'étude alors que le niveau de la nappe ne baisse que dans le département de Kébémér. Selon le scénario RCP4.5, la pluviométrie influencerait les rendements de pomme de terre, la température les rendements d'oignon et de tomate alors que le scénario RCP8.5 montre que les rendements de pomme de terre seront influencés par la température et la pluviométrie, l'oignon par la pluviométrie et la tomate par la température. Cependant, cet impact n'est pas significatif puisque les rendements de ces trois cultures maraîchères continuent d'augmenter. Les résultats montrent également une bonne maîtrise des cycles de production et de gestion de la fertilisation des sols par les producteurs et des similitudes avec les recommandations de la recherche scientifiques.

Selon la FAO, la production d'oignon a connu une forte progression avec la mise en place de mesures de protection du marché intérieur. Parallèlement, les superficies allouées à la production de l'oignon ont considérablement augmenté passant de 1 800 ha en 2005 à 13 223 ha en 2017 (FAOSTAT, 2017). La production de tomate est passée de 4,72 pour cent entre 1992 et 2006 à 16,7 pour cent en 2011 (Giunta *et al.*, 2015). En 2016, le rythme de croissance annuelle moyenne de la pomme de terre était de 16 pour cent. Les superficies emblavées sont passés de 384 ha en 2005 à 5284 ha en 2017 (FAOSTAT, 2017). En effet, les rendements projetés continuent d'augmenter ainsi que les superficies de pomme de terre et d'oignon. Ainsi, les paramètres climatiques et le niveau de la nappe n'ont pas montré un impact significatif sur les rendements. En effet, il a été noté une augmentation progressive des rendements à partir de 2013 ce qui s'explique d'une part par une meilleure maîtrise des techniques culturales (variétés adaptées, apport de fumure organique, etc.) et d'autre part par les nouvelles politiques d'investissement dans ce secteur (forage, branchement Sen'Eau, etc.). En outre, 80 pour cent des exploitations d'entreprise sont dotées de réseaux d'irrigation pour assurer l'approvisionnement en eau avec 40 pour cent connectées à la Sen'Eau et 25 pour cent équipées de forages (Toure et Seck, 2005). Ces grandes exploitations disposent de plusieurs dizaines, voire des centaines d'hectares et sont dotées de forages. En outre, les producteurs des Niayes connaissent de plus en plus l'impact de la matière organique sur la production maraîchère et investissent davantage sur l'apport organique et/ou organo-minéraux. Ceci fait que la majeure partie des producteurs de la zone parviennent à répondre aux besoins en eau et en engrais organo-minéral des plantes. Le facteur qui pourrait donc augmenter la vulnérabilité de la production horticole serait la dégradation des sols au cours des années et la pression foncière.

La présence des industries minières dans la zone, notamment les mines de phosphate dans la région de Thiès (ICS de Mboro), l'extraction du sel au lac Rose de Niaga et les carrières de coquillages dans le Gandiolais (Fall et Fall, 2001), sont entre autres des contraintes qui impactent les conditions environnementales. Dans la zone des Niayes, une concession minière de 44 500 hectares s'étendant sur plus de 100 km du nord au sud, est destinée à l'exploitation de



zircon, d'ilménite, de rutile, de leucoxène et d'autres minéraux (ENDA Pronat, 2018). Cette exploitation constitue une menace sérieuse contre l'agriculture familiale dans les Niayes notamment dans les localités concernées par ce projet (Diogo, Mboro, Fass-Boye, Lompoul, Darou-Khoudouss et Diokoul-Diawrigne) où, non seulement les habitants ne tirent pas profit des richesses générées par l'exploitation minière, mais en plus, perdent leurs terres de cultures et leur santé menacée par la pollution qui résulte de l'extraction du zircon (ENDA Pronat, 2018). La pollution de ses entreprises augmente les émissions de GES et la perturbation des cycles de production.

L'explosion démographique a entraîné une diminution de la disponibilité des terres arables, à cause principalement de leur situation urbaine et périurbaine (FAO et CSE, 2007). La croissance urbaine assez importante pose des problèmes de survie des espaces réservés aux activités agropastorales, particulièrement dans la région de Dakar où le taux d'urbanisation est de 4 pour cent. Ainsi, les espaces naturels que constituent les Niayes dans la communauté urbaine de Dakar et qui servent de zone d'exploitation maraîchère, notamment pour la production de légumes verts et feuilles, sont menacés (Fall et Fall, 2001). Les cuvettes des Niayes sont densément occupées à cause de leur rareté et de la richesse de leurs sols (Toure et Seck, 2005).

Les facteurs d'ordre environnemental accélèrent la dégradation des sols. Elles se manifestent par l'érosion éolienne au niveau des cuvettes et l'intrusion du sel entraînant la salinisation des nappes et menaçant ainsi la production horticole (FAO et CSE, 2007). En outre, les techniques de fertilisation minérales et du compostage sont parfois mal maîtrisées, notamment chez les petits producteurs. La lutte phytosanitaire et les modes d'utilisation des produits agro-pharmaceutiques sont précaires, surtout au niveau des petites exploitations (Fall et Fall, 2001). L'écologie de la zone est également menacée par l'utilisation excessive et non contrôlée des produits chimiques (pesticides, herbicides et engrais minéraux) pouvant entraîner des dégâts environnementaux constituant ainsi un danger potentiel pour le consommateur. En effet, des études faites à Dakar montrent que la concentration moyenne de matière active spécifique dépasse largement la norme de référence (0,1 µg/L) (Diao, 2004). Les concentrations moyennes de résidus comme le malathion (11,88 µg/L), le chlopyrifos-méthyle (1,45 µg/L) et le chlopyrifos-éthyle (0,73 µg/L) sont supérieures à la norme (Cissé *et al.*, 2003). En effet, l'Organisation Mondiale de la Santé et la FAO classent le malathion en classe III (assez dangereux) et le chlorpyrifos-éthyle et chlorpyrifos- méthyle en classe II (dangereux). L'utilisation des eaux usées non traitées dans les champs serait aussi un danger dans l'espace périurbain de la région de Dakar (Fall et Fall, 2001). Ces mauvaises gestions de la fertilité des sols accélèrent la dégradation de la qualité des sols et des eaux.

5. Analyse des stratégies et options d'adaptation



LES STRATÉGIES D'ADAPTATION

La zone des Niayes, principale zone maraîchère du Sénégal, a connu des fluctuations sur sa production au cours des années. En effet, les agriculteurs(trices) de cette zone perçoivent la vulnérabilité par la baisse des rendements des cultures, la salinisation et la baisse de la nappe phréatique l'ensablement des champs et la pollution de la nappe (OSS, 2015). Pour faire face à ces contraintes, les ONGs en collaboration avec les organismes de producteurs locaux de la zone des Niayes ont mis en place des innovations qui influencent positivement leur production.

L'irrigation localisée (goutte à goutte) est de plus en plus adoptée par les producteurs grâce aux échanges entre les ouvriers des entreprises exportatrices de légumes et les maraîchers de la même zone (Dugué *et al.*, 2016). La baisse importante du prix de la motopompe thermique importée d'Asie du Sud-Est, l'électrification rurale ont facilité l'équipement de certaines exploitations familiales. Les maraîchers ont aussi, montré des capacités à adapter le «goutte à goutte» en bricolant des filtres et des systèmes capables d'injecter dans le réseau d'irrigation une solution d'engrais minéral (fertigation) sans faire recours au matériel importé relativement coûteux (Dugué *et al.*, 2016). Cette innovation a permis l'augmentation de la surface cultivée et irriguée par exploitation et par actif. L'usage d'intrants naturels (biopesticide, répulsif, fumure organique) a permis de répondre à un cahier des charges «agroécologie». Pour se faire, un référentiel technique pour la production et l'utilisation de fumures organiques et des biopesticides en lieu et place



des engrais minéraux et des pesticides chimiques a été mis en place (Dugué *et al.*, 2016). Les producteurs investissent davantage sur l'achat d'engrais organique.

Par ailleurs, le Plan d'action national pour l'adaptation aux changements climatiques (PANA) (2005), promeut le renouvellement des anciens peuplements de filao pour la fixation des dunes sur l'axe Guédiawaye-Mboro afin de lutter contre l'érosion et la mise en place d'un plan de rétention des eaux pluviales dans les bas-fonds, les mares temporaires et autres zones d'accumulation des eaux pluviales. Dans la commune de Darou Khoudoss, les populations se sont regroupées en différentes organisations pour statuer et trouver un consensus sur la nécessité de fixer les dunes en mettant en œuvre l'aménagement, l'exploitation et le reboisement.

Selon l'Observatoire du Sahara et du Sahel (OSS) (2015), ces organisations jouent un rôle important sur le plan de l'approvisionnement en intrants, en équipements et en matériels et assurent la pérennité des activités en cours. Elles ont d'abord, fait recours aux savoirs locaux. Il s'agit là de:

- l'utilisation des semences sélectionnées;
- la plantation des haies vives pour clôturer les champs;
- l'utilisation du compost avec des déchets issus de la transformation du poisson venant de Fass Boye et Mboro;
- l'utilisation des déjections des poulets comme fumier;
- l'économie d'eau en couvrant les pépinières avec de la paille et en plantant des brise vents (maïs, etc.);
- la pratique de l'arboriculture sur les pentes des dunes afin de fixer les sables et la protection de l'herbe qui pousse sur les dunes et qui contribue à leur fixation.

Dans son rapport, le Ministère de l'environnement et de la protection de la nature (MEPN, 2006), a recensé un certain nombre de stratégies développés dans les Niayes pour s'adapter aux changements climatiques. Dans les Niayes, il a été noté un traitement des eaux usées et leur valorisation agricole, la construction de bassins de rétention, la lutte contre l'intrusion du sel la mise en place d'aires de recharge des nappes phréatiques, la protection contre l'utilisation des produits chimiques, les plans d'assainissement, la lutte contre l'extraction frauduleuse de sable de mer et l'installation des murs de protection pour la fixation et la stabilisation des dunes.

Enfin, les institutions ont été renforcées par l'implication des organisations locales dans le programme des organisations communautaires de base de l'Union des groupements des producteurs des Niayes (UGPN) et d'autres organisations faitières. Les membres de ces organisations ont bénéficié de nombreuses sessions de renforcement de capacités portant sur les techniques de reboisement ainsi que la gestion administrative et financière (OSS, 2015).

LES BARRIÈRES À L'ADAPTATION

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 d'un point de vue technique (considération de certains phénomènes tels que les inondations, 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.) demeure un défi majeur à cause des nombreux obstacles (CDN, 2016).

Les contraintes majeures liées à la planification de l'adaptation au niveau national peuvent être de plusieurs ordres:

- Les capacités techniques et les ressources humaines limitées: l'élaboration des stratégies d'adaptation aux changements climatiques ne peuvent être toujours abordées de manière très précise à cause d'un manque de données, de modélisation et/ou d'études pointues sur les impacts actuels ou attendus qui peuvent accroître considérablement les incertitudes liées aux changements climatiques et aux phénomènes extrêmes. Aussi, les actions conduites pour s'adapter aux changements climatiques s'appuient souvent sur des connaissances limitées et ou très peu à jour, ce qui peut biaiser et même porter préjudice aux résultats de plusieurs stratégies d'adaptation (maladaptation). Cette situation d'absence de données ou technologies appropriées se conjugue aussi avec un déficit de techniciens compétents pour prendre en charge la question de l'adaptation.
- La faiblesse d'intégration des initiatives (mise en place de stratégies intégrées): la plupart des réponses apportées aux impacts des changements climatiques se font de manière sectorielle et rarement de manière intégrée. Les impacts dans un secteur peuvent affecter positivement ou négativement un ou plusieurs autres secteurs. Certains secteurs sont soumis à des effets indirects.
- Les barrières institutionnelles, politiques et législatives et l'absence de coordination: on assiste aujourd'hui à une grande diversité d'acteurs intervenant dans le domaine des changements climatiques sans une réelle coordination de leurs interventions. Même si l'encadrement juridique sénégalais (Code de l'environnement) dans le domaine de l'environnement et les cadres politique et stratégique notamment la Lettre de politique du secteur de l'environnement et du développement durable 2021-2025 (LPSEDD) et la CDN sont bien prises en compte, leur application reste encore une limite. À cela s'ajoute la lenteur des procédures législatives quant aux questions environnementales (lois rarement modifiées ou prenant du temps pour l'être) ainsi que la faible implication des communautés de base dans le développement des stratégies.
- Faiblesse de la communication, de la formation et de la sensibilisation envers les décideurs mais aussi les communautés qui sont souvent les plus vulnérables.
- Barrières financières: le Sénégal reconnaît sa grande vulnérabilité aux impacts des changements climatiques mais alloue une très faible part de son budget aux réponses apportées pour faire face aux impacts des changements climatiques. On note une grande difficulté à mobiliser les ressources financières. L'essentiel des ressources mobilisées proviennent de la coopération bilatérale ou multilatérale.

LES OPTIONS D'ADAPTATION PRIORITAIRES

Dans le cadre de cette étude, un certain nombre d'options d'adaptation ont été identifiées en lien avec la vulnérabilité du secteur agricole dans la zone des Niayes. L'agriculture est un secteur clés dans la zone du fait de la position géographique avec les conditions climatiques favorables. Ainsi, des options d'adaptation ont déjà été élaborées dans des documents récents comme la CDN et la CPDN. Dans le cadre du projet SAGA, un atelier participatif organisé à Louga en septembre 2021 pour recueillir les propositions d'options d'adaptation auprès des acteurs clés de la région notamment tous les services techniques impliqués dans le secteur de l'agriculture ([tableau 8 à la page 43](#)). Ces options d'adaptation font référence à la vision construite par les acteurs(trices) qui souhaitent «À l'horizon 2050, la zone des Niayes (Thiès-Louga), porteuse d'un modèle d'agriculture résilient aux changements climatiques et de développement durable».



Tableau 8. Options prioritaires identifiées par les deux groupes

Rang	Groupe 1	Groupe 2
1	Installation de mini-forages avec système d'irrigation adaptée	Gestion rationnelle de l'eau
2	Mise en place d'ouvrages de retenue des eaux de pluies	Sécurisation de la bande de filaos des Niayes
3	Plaidoyer et sensibilisation	Gestion du foncier
4	Mise en place d'ouvrages de défense et de restauration des sols (CRS) et d'ouvrages de gestion et de conservation des eaux et sols (DRES)	Gestion des espèces forestières résistantes
5	Diversification des systèmes de productions	Aménagement de la bande de filao
6	Engagement communautaire	Agroforesterie (brise-vents dans les parcelles)

Une priorisation des options a été faite suivant une matrice multicritères avec une notation de 1 à 5 basée sur:

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

Une matrice de notation a été faite par chaque groupe et le score total pour chaque option d'adaptation est calculé.

Le temps nécessaire pour la mise en œuvre des mesures d'adaptation varie considérablement en fonction de plusieurs critères dont l'échelle, du coût, des ressources et des capacités nécessaires pour mettre en œuvre la mesure et surmonter les obstacles. Bien que la plupart des options d'adaptations 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 des Niayes dans le cadre du Plan national d'adaptation (PNA) ainsi que dans la mise en œuvre du Programme d'accélération de la cadence de l'agriculture sénégalaise (PRACAS II) 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, (v) la promotion des pratiques de gestion durable des terres, à travers une approche programmatique et plurisectorielle à l'horizon 2026.

6. Conclusions



Cette étude montre d'une manière générale une augmentation des températures et une variabilité de la pluviométrie d'une année à l'autre dans les trois départements d'étude alors que le niveau de la nappe ne baisse que dans le département de Kébémér. Il en résulte que les départements de Kébémér et Tivaouane sont les plus potentiellement affectés par la variabilité et les changements climatiques. En ce qui concerne le futur, les résultats des indices pluviométriques standardisés (IPS) montrent une succession d'années humides à partir de 2039 et une année d'extrême sécheresse en 2037 au niveau des trois départements. Les projections montrent une augmentation de la température au niveau des trois départements. En effet, la température moyenne va passer de 26 °C en 2006 à plus de 27,5 °C en 2050 soit une hausse moyenne de 1,5 °C en 44 ans. Cette évolution climatique aura certainement des impacts sur l'agriculture dans la zone et selon le scénario RCP4.5, le département de Kébémér et Louga seraient plus vulnérables aux changements climatiques. Ainsi dans tous les départements et selon les deux scénarios, un revenu du ménage consacré à ses besoins de base, l'accès à la terre et l'utilisation de semences adaptées constitueront des éléments importants dans le système agricole seront des conditions déterminantes pour une bonne capacité adaptative. Ces différents éléments détermineront la performance agronomique des agriculteurs(trices) dans les zones rurales étudiées.

Bibliographie

Agence nationale de la statistique et de la démographie (ANSD). 2005. *Situation économique et sociale du Sénégal*. Dakar.

Agence nationale de la statistique et de la démographie (ANSD). 2016. *Projection de la population du Sénégal*.

Agence nationale de la statistique et de la démographie (ANSD). 2019a. *Situation économique et sociale de la région de Louga*. ANSD, Service régional de la statistique et de la démographie de Louga.

Agence nationale de la statistique et de la démographie (ANSD). 2019b. *Situation économique et sociale de la région de Thiès*. ANSD, Service régional de la statistique et de la démographie de Thiès.

Araya, A., Habtu, S., Hadgu, K. M., Kebede, A. et Dejene, T. 2010. *Test of AquaCrop model in simulating biomass and yield of water deficient and irrigated barley (*Hordeum vulgare*)*. *Agricultural Water Management*, 97(11), 1838-1846,

Biasutti, M. et Sobel, A. H. 2009. *Delayed Sahel rainfall and global seasonal cycle in a warmer climate*. *Geophysical Research Letters*, 36(23).

Cissé, I., Tandia, A. A., Fall, S. T. et Diop, E. H. S. 2003. *Usage incontrôlé des pesticides en agriculture périurbaine: cas de la zone des Niayes au Sénégal*. *Cahiers Agricultures*, 12(2), 181-186. <https://doi.org/10.7202/1056140ar>

Cook, K. H. et Vizzy, E. K. 2006. *Coupled Model Simulations of the West African Monsoon System: Twentieth- and Twenty-First-Century Simulations*. *Journal of Climate*, 19(15), 3681-3703.

David-Benz, H. et Seck, A. 2017. *Améliorer la qualité de l'oignon au Sénégal: promouvoir la contractualisation et autres mesures transversales*. Rapport d'analyse de politique. FAO. Rome. Disponible sur: <http://agritrop.cirad.fr/586655/>

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.

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

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*. In *Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH*.

Diallo, M. D., Ndiaye, O., Saleh, M. M., Tine, A., Diop, A., Guisse, A., Alimentaires, T. et Louis, B. D. Saint. 2015. *Étude comparative de la salinité de l'eau et des sols dans la zone nord des Niayes (Sénégal)*. *African Crop Science Society*, 23(2), 101-111.

Diao, M. B. 2004. *Situation et contraintes des systèmes urbains et périurbains de production horticole et animale dans la région de Dakar*. Cahiers Agricultures, 13, 39–49.

Druyan, L.M., Feng, J., Cook, K.H. Xue, Y., Fulakeza, M., Hagos, S. M., Konaré, A., Moufouma-Okia, W., Rowell, D. P., Vizy, E. K. et Ibrah, S. S. 2010. *The WAMME regional model intercomparison study*. Climate Dynamics, 35, 175–192.

Dugué, P., Kettela, V., Michel, I. et Simon, S. 2016. *Diversité des processus d'innovation dans les systèmes maraîchers des Niayes (Sénégal): entre intensification conventionnelle et transition agroécologique*. Dans: ISTE OpenScience. <https://doi.org/10.21494/iste.op.2017.0112>

ECOFYS. 2017. *Assessing Adaptation Knowledge in Europe: Vulnerability to Climate Change*. Union Européenne, DGCLIMA. Bruxelles.

Environnement développement action pour la protection naturelle des terroirs (ENDA Pronat). 2018. *Promouvoir l'agriculture saine et durable auprès des exploitations familiales*. Dans: MISEREOR (Issue Eval.-Nr. 2153-Z1031-1147).

Fall, M. D. 2012. *Modélisation hydrogéologique conceptuelle de la nappe des sables quaternaires du littoral nord du Sénégal entre Dakar et Saint-Louis*.

Fall, S. T. et Fall, A. S. 2001a. *Cités horticoles en sursis ? L'agriculture urbaine dans les grandes Niayes au Sénégal*. Centre de Recherches Pour Le Développement International.

Fall, S. T., Fall, A. S., Cissé, I., Badiane, A., Fall, C. A. et Diao, M. B. 2000. *Intégration horticulture - élevage dans les systèmes agricoles urbains de la zone des Niayes (Sénégal)*. Bulletin de l'APAD, 19, 19. <https://doi.org/https://doi.org/10.4000/apad>

FAO. 2007. *Caractérisation des systèmes de production au Sénégal*. Dans: Land degradation assessment in drylands (LADA). République du Sénégal. Disponible sur: http://ntiposoft.com/domaine_200/pdf/caractspasenegal.pdf

FAO. 2009. CROPWAT Software. Disponible sur: http://www.fao.org/nr/water/infores_databases_cropwat.html.

FAO et Centre de suivi écologique (CSE). 2007. *Caractérisation des systèmes de production agricole au Sénégal (Document de synthèse)*.

Faye, C., BA, D. D. et Diouf, A. C. 2019. *Outils d'évaluation des niveaux d'eau souterraine dans un contexte de variabilité pluviométrique et de hausse des pompages: cas des Niayes (littoral nord Sénégalais)*. Revue de géographie du Lardymes, 23(13), 17.

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

Giorgi, F., Jones, C. et Asrar, G. R. 2009. *Addressing climate information needs at the regional level: the CORDEX framework*. WMO Bulletin, 58(3), 175-183.

Giunta, R., Drenzo, P. D. K. P., Diop, M. D. F. et Laghetti, G. 2015. *L'horticulture dans les régions 2015*. Dans: Programme d'appui au programme national d'investissement en agriculture du Sénégal (PAPSEN) (Vol. 175).

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

Hsiao, T. H., Lee, H., Steduto, P., Rojas-Lara, B., Raes, D. et Fereres, E. 2009. *AquaCrop – The FAO crop model to simulate yield response to water: III. Parameterization and testing for maize*. Agronomy Journal. 101(3), 438-447.

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*. Journal of Applied Biosciences, 99, 9382–9394.
- La voix de la vallée.** 2020. “La filière pomme de terre est en pleine expansion au Sénégal”. Disponible sur: <https://lavoixdelavallee.wordpress.com/2020/08/01/la-filiere-pomme-de-terre-est-en-pleine-expansion-au-senegal/> (consulté le 26 décembre 2021)
- Lenselink, K. J. et Jurriens, M.** 1993. *An inventory of irrigation software for microcomputers, international institute for land reclamation and improvement*. Wageningen, Pays-Bas.
- Li, L., Chan, P. W., Wang, D. et Tang, M.** 2015. *Rapid urbanization effect on local climate: intercomparison of climate trends in Shenzhen and Hong Kong, 1968–2013*. Clim Res 63: 145–155.
- 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*. In Cambridge University Press.
- Ministère de l’environnement et la protection de la nature (MEPN).** 2006. *Plan d’action nationale pour l’adaptation aux changements climatiques*.
- Meyer, W.** 2011. *Measuring: indicators – scales – indices – interpretations. (Mesurer: indicateurs – échelles – indices – interprétations)*. In: Stockmann. Dans: A practitioner handbook on evaluation. (Guide pratique de l’évaluation).
- 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. Dans: Climate Analytics.
- Observatoire du Sahara et du Sahel (OSS).** 2015. *Analyse des processus décisionnels et définition du rôle de la population au Sénégal dans la gestion de l’environnement et des ressources naturelles*. Tunis.
- Patricola, C. M. et Cook, K. H.** 2010. *Northern African climate at the end of the twenty-first century: an integrated application of regional and global climate models*. Clim Dyn 35, 193–212.
- Programme d’action national d’adaptation.** 2005. *Sénégal: Profil des projets du PANA*.
- Raes, D., Steduto, P., Hsiao, T. H. et Fereres, E.** 2009. *AquaCrop – The FAO crop model to simulate yield response to water: II. Main algorithms and software description*. Agronomy Journal, 101(3), 438-447.
- République du Sénégal.** 2017. Contribution déterminée au niveau national (CDN).
- Steduto, P., Hsiao, T. H., Raes, D. et Fereres, E.** 2009. *AquaCrop—The FAO crop model to simulate yield response to water: I. Concepts and underlying principles*. Agronomy Journal, 101(3), 438-447.
- Toure, O. et Seck, S. M.** 2005. *Exploitations familiales et entreprises agricoles dans la zone des Niayes au Sénégal*. Dans: International institute for environment and development (Issue Dossier n° 133).

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. Pour chaque l'échantillon est estimé avec une marge d'erreur 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 respectivement 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 les tableaux suivants:

Tableau A1. Répartition de l'échantillon

Départements	Communes	Villages	Échantillons ajustés
Louga	Leona	Potou	30
Kébémér	Diokoul Diawrigne	Lompoul	12
Tivaouane	Darou Khoudoss	Darou Fall	15
		Diambalo	11
		Diogo	30
		Darou Salam Thioune	10
		Keur Sélé Mbaye	10
		Santhiou Ndong	12
	Mboro	Samba Khary Fall	10
		Darou Tass	10
			150



MÉTHODE DE SONDAGE

La méthode de tirage adopté 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 et l'assurance 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 sur l'application et son contenu 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. À 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 deux sites de l'étude.

Vulnérabilité biophysique

DONNÉES HISTORIQUES DU CLIMAT ET DE RENDEMENT 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 des Directions régionales du développement rural (DRDR) de Tivaoune, Kébémér et Louga. Pour les analyses des risques climatiques dans les zones d'étude, les données de températures maximales et minimales 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

Les essais ont été conduits au niveau des parcelles des producteurs(trices) maraîchers pour évaluer leurs performances agronomiques. Comme facteurs de vulnérabilité l'apport de matière organique (MO) a été testé. En effet, la MO devient de plus en plus rare à cause des prélèvements et exportations poussant les producteurs(trices) à mettre davantage d'engrais minéraux. Cependant, l'absence ou l'insuffisance de MO entraîne le lessivage de l'engrais apporté et par conséquent la pollution de la nappe et accélère aussi la dégradation des sols. Ainsi, trois doses d'apport de MO ont été testées avec comme référence les recommandations de la recherche: fumure à la dose recommandée (F), 25 pour cent de moins que la dose recommandée (F0) et 25 pour cent de plus que la dose recommandée (F1). L'apport d'engrais minéral a été respecté selon les recommandations de la recherche. La fumure organique n'a été apportée qu'au début de l'essai comme fumure de fond alors que la fumure minérale a servi de fumure de fond (début de l'essai) et d'entretien au cours de la croissance des plantes. Après le repiquage des plants de tomate et d'oignon et le semis de la pomme de terre, l'arrosage a été effectué de manière régulière pendant le cycle de croissance des plants. Les variétés cultivées dans la zone ont été choisies après une enquête préliminaire auprès des producteurs. Les pépinières de tomate et d'oignon ont été conduites sur le site expérimental de l'ISRA de Sangalkam. La tomate a été repiquée après 30 jours en pépinière et l'oignon après 45 jours alors que la pomme de terre a été semée directement.

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 cultures 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. Finalement, 28 indicateurs ont été retenus pour l'évaluation de la vulnérabilité globale (tableau 3).



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 annuelle*	
			Variabilité des pluies	
	Température		Nombre de pauses pluviométriques	
			Température moyenne annuelle*	
			Nombre de jours chauds >40°*	
Évènements climatiques extrêmes	Pertes des récoltes	Vagues de chaleur		
Sensibilité	Terre et utilisation de l'eau	Eau pluviale et d'irrigation disponible	Fertilité des sols	
			Gestion des ressources naturelles	
	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:

$$X_{i,0 \text{ à } 1} = (X_i - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min})$$

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

$X_{i, 0 \text{ à } 1}$ la nouvelle valeur que vous souhaitez calculer, c'est à dire les points de données normalisées 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 4). 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)

Classe No.	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 deux composantes ont été combiné 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

SCÉNARIOS CLIMATIQUES

La moyenne d'ensemble de sept modèles globaux issus de l'intercomparaison Coordinated regional downscaling experiment (Giorgi *et al.*, 2009; Jones *et al.*, 2011). Deux scénarios (RCP4.5 et RCP8.5) parmi les quatre du cinquième rapport du GIEC (2013) 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 (figure 5; IPCC, 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 justifient le choix de nos deux scénarios. RCP4.5, dit scénario moyen bas, correspondant à une concentration de 650 eqCO₂ au niveau de stabilisation après 2100, et une hausse de la température moyenne annuelle de 1,5 à 2 °C. RCP8.5, dit scénario pessimiste ou extrême, correspond à une concentration de 1 370 eqCO₂ en 2100, une trajectoire à la hausse et une augmentation des températures moyennes annuelles entre 3 et 5 °C.

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);
- Températures moyennes annuelles.

Pour ces différentes variables, nous avons utilisé principalement la moyenne d'ensemble de sept modèles globaux issus de l'intercomparaison Coordinated regional downscaling experiment (Giorgi *et al.*, 2009, Jones *et al.*, 2011). Ces données ont aussi été utilisées pour la modélisation des cultures. L'analyse de l'exposition future s'est faite en définissant l'horizon 2035 (2020-2050) et 2050 (2036-2065) comme horizon de projection.

ANALYSE DE LA SENSIBILITÉ

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

Utilisation de CROPWAT pour estimer le calendrier d'irrigation: les programmes informatiques traitant les besoins en eau des cultures sont principalement basés sur une évapotranspiration. Ces programmes ont un seul objectif, estimer les besoins en eau des cultures (FAO, 2009). CROPWAT 8.0 est largement utilisé par les chercheurs pour estimer l'évapotranspiration, les besoins en eau des cultures et la programmation de l'irrigation de différentes cultures. CROPWAT 8.0 utilise l'approche PENMON (Modified Penman-Monteith) pour l'estimation de l'évapotranspiration. Elle est testée de manière extensive, largement acceptée et également recommandée par la FAO (Lenselink et Jurriens, 1993). Le modèle calcule également le pourcentage de réduction du rendement des cultures dû au stress hydrique pendant la période de culture. Le programme algorithmique permet de développer des programmes d'irrigation pour différentes conditions de gestion et de calculer et de calculer l'approvisionnement en eau dans différents modèles de culture.

Description du modèle AquaCrop: AquaCrop (Raes *et al.* 2009 ; Steduto *et al.* 2009) est un modèle des cultures convivial et orienté vers les praticiens, car il maintient un équilibre optimal entre la précision, la robustesse et simplicité, et nécessite un nombre relativement faible de paramètres d'entrée du modèle. AquaCrop a été paramétrée et testée sur le maïs en utilisant données expérimentales de six saisons de culture à l'Université de Californie, Davis, États-Unis (Hsiao *et al.* 2009). Hsiao *et al.* (2009) ont observé qu'AquaCrop a été utilisé pour simuler la couverture de la canopée, le développement de la biomasse et le rendement en grains de quatre cultivars de maïs au cours de six saisons de culture différentes. Araya *et al.* (2010) ont évalué le modèle AquaCrop pour simuler la biomasse et le rendement de l'orge déficitaire en eau et irrigué dans le nord de l'Éthiopie.



Dans le cadre de cette étude, le programme CROPWAT a été utilisé pour estimer la date et la profondeur de l'irrigation, une fonction qui n'est pas disponible dans AquaCrop. Les données climatiques générées avec les données CORDEX et les informations de programmation de l'irrigation ont été utilisées dans le modèle AquaCrop validé pour prédire le rendement en grain, la biomasse et la productivité de l'eau (le rapport entre le rendement en grain et la quantité totale d'eau utilisée c'est-à-dire la somme de l'irrigation et des précipitations effectives pendant la période de croissance de la culture). Le modèle AquaCrop validé a été utilisé pour la génération de scénarios futurs. Les paramètres du sol et de la culture sont restés les mêmes que ceux utilisés dans la validation du modèle pour l'année 2010.

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 pour le futur, 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). À 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 chacune des départements. 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 (business as usual), correspond au cas où les émissions de gaz à effet de serre (GES) s'intensifient au long du XXI^{ème} siècle. Les indicateurs choisis au cours du processus d'analyse multicritère 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 5). 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 5) de référence susceptibles d'être influencés par les vecteurs de changement au cours de la période future;
- Calcul de nouvelles valeurs 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 (spéculations)	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 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 vue l'importance de chacune dans la détermination de la vulnérabilité (tableau 6). 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: PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL POUR LA TOMATE, LA POMME DE TERRE ET L'OIGNON

Pour la tomate:

Variété: Cobra

Écartement: deux lignes écartées de 50 cm avec 40 cm entre deux plants

Fumure de fond pour chaque planche de 6 m² (6 m long et 1 m large):

- F: 12 kg de fumier et 240 g d'engrais 10-10-20
- FO: 9 kg de fumier et 240 g d'engrais 10-10-20
- F1: 15 kg de fumier et 240 g d'engrais 10-10-20

Fumure d'entretien: 120 d'engrais 10-10-20 par planche de 6 m² après 15, 30, 50, et 80 jours après levée (JAL)

Pour la pomme de terre:

Variété: Alaska

Écartement: deux lignes écartées de 60 cm avec 30 cm entre deux plants

Fumure de fond pour chaque planche de 5 m² (5 m long et 1 m large):

- F: 7,5 kg de fumier et 125 g d'engrais 10-10-20



- FO: 5,6 kg de fumier et 125 g d'engrais 10-10-20
- F1: 9,4 kg de fumier et 125 g d'engrais 10-10-20

Fumure d'entretien: 125 g d'engrais 10-10-20 par planche de 5 m² à apporter à 2 et 5 semaines après plantation

Pour l'oignon:

Variété: Orient

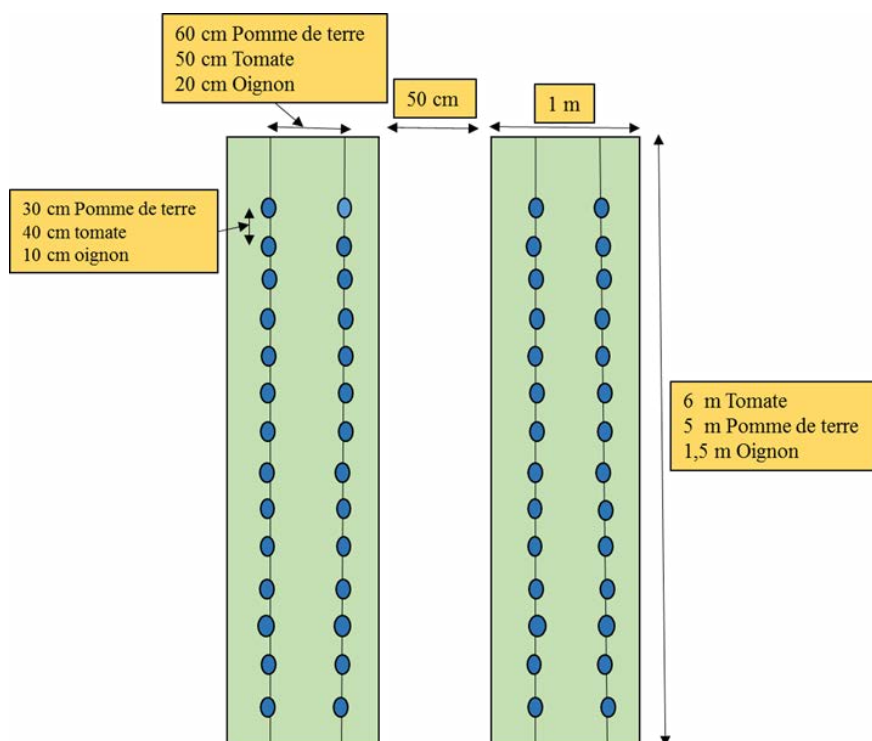
Écartement: 4 lignes écartées de 20 cm avec 10 cm entre deux plants

Fumure de fond pour chaque planche de 1,5 m² (1,5 m long et 1 m large):

- F: 1,5 kg de fumier et 37,5 g d'engrais 10-10-20
- FO: 1,1 kg de fumier et 37,5 g d'engrais 10-10-20
- F1: 1,9 kg de fumier et 37,5 g d'engrais 10-10-20

Fumure d'entretien: 30 g d'engrais 10-10-20 par planche de 1,5 m² après 20, 40 et 60 JAL

Figure A1. Schématisation des parcelles à l'étude



ANNEXE 3: LES INDICATEURS DE SENSIBILITÉ CALCULÉS POUR LES DIFFÉRENTES COMPOSANTES DE LA VULNÉRABILITÉ

Composantes de vulnérabilité	Facteurs	Impacts	Indicateurs	Louga	Kébémér	Tivaouane
Exposition	Précipitation	Stress hydrique des petites exploitations agricoles	Cumul pluviométrique annuelle*	0.51	0.55	0.5
			Variabilité des pluies	0.5	0.9	0.7
			Nombre de pauses pluviométriques	0.7	0.5	0.7
	Température		Température moyenne annuelle*	0.44	0.48	0.46
			Nombre de jours chauds >40°*	0.51	0.4	0.4
			Évènements climatiques extrêmes	Vagues de chaleur	0.9	0.9
Vents violents	0.7	0.9		0.9		
Sensibilité	Terre et utilisation de l'eau	Eau pluviale et d'irrigation disponible	Variation du niveau de la nappe et qualité	0.7	0.7	0.7
			Fertilité des sols	0.9	0.9	0.9
			Gestion des ressources naturelles	0.7	0.7	0.9
	Culture	Rendements	Performances agronomiques	0.5	0.7	0.7
			Évolution des rendements*	0.7	0.7	0.7
Capacité d'adaptation	Social	Les ressources des ménages	Nombre de repas par jour	0.7	0.7	0.7
			Main d'œuvre agricole	0.3	0.5	0.3
			Revenu du ménage consacré aux besoins de base	0.5	0.5	0.5
			Stock alimentaire disponible (Spéculations)	0.3	0.3	0.3
	Économie	Les sources de revenus des ménages	Accès au crédit ou non	0.5	0.5	0.5
			Autres sources de revenus	0.5	0.3	0.5
	Institutionnel		Accès aux infrastructure de base	0.5	0.3	0.5
	Humain	Moyens techniques	Niveau d'instruction du chef de ménage	0.5	0.5	0.5
			Membre d'une organisation paysanne	0.5	0.7	0.5
	Physique / Naturel	Amélioration de la Sensibilité des cultures	Utilisations de bio-pesticides répulsives ou d'Insecticide	0.7	0.7	0.7
			Utilisation de fumure organique et/ou minérale	0.5	0.5	0.5
			Pratique de la jachère	0.3	0.3	0.3
			Nombre de parcelles à disposition	0.5	0.3	0.3
			Équipement agricole à disposition	0.5	0.5	0.5
	Utilisation de semences améliorées	0.7	0.5	0.5		



ANNEXE 4: PROJECTIONS DE RENDEMENTS FUTURS SUIVANT LES SCÉNARIOS RCP4.5 ET RCP8.5 AUX HORIZONS 2035 ET 2050

Sites	Scénario	Tomate (Kébémér)	Tomate (Tivaouane)	Pomme de Terre (Kébémér)	Pomme de Terre (Tivaouane)	Oignon (Kébémér)	Oignon (Tivaouane)
Horizon 2035	RCP4.5	-3,71	-3,89	-7,50	-7,36	-3,65	-3,45
	RCP8.5	-7,17	-8,05	-7,81	-7,53	-3,65	-3,45
Horizon 2050	RCP4.5	-3,45	-3,65	-8,06	-7,68	-3,07	-2,90
	RCP8.5	-7,71	-8,46	-8,49	-8,05	-3,07	-2,90

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:

Age 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 ans passés ?

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'année 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

Êtes-vous membre d'une organisation ?

1 = Oui, 2 = Non je n'appartiens plus, 3 = Je n'ai jamais été membre

Si oui à (a) 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 ? (Code)	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	Nbre	Prix en francs CFA (dernière unité achetée)	Nbre	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							1 = en nature 2 = en espèce 3 = les deux	1 = par mois 2 = par jour 3 = par saison 4 = à la tâche 5 = Autre /____/	francs CFA
	Employés temporaires									
CSC	Employés permanents									
	Employés temporaires									

CSF = contre-saison froide, CSC = contre-saison chaude



IV. COÛT, PRODUCTION ET VENTE CONTRE-SAISON FROIDE

Autres à préciser (chou, gombo, haricot, aubergine douce, aubergine amère...)	Mais	Niébé	Arachide	Pomme de terre	Tomate	Oignon	Spécifications
							Superficie emblavée
							Coût total - Semences
							Coût total - Engrais et intrants chimiques
							Coût total – Intrants chimiques
							Quantité d'engrais Code(1)
							Combien de fois appliquez vous de la fumure (2)
							Précisez la période d'apport durant le cycle culturale
							Quantité totale (kg) récoltée
							Coût total en eau
							Coût total énergie
							Quantité vendue en kg
							Prix en francs CFA
							Consommé (kg)
							Gardé pour les semis (semence) (kg)
							Paiement pour les intrants (kg)
							Troqué ou échangé 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. COÛT, PRODUCTION ET VENTE EN CONTRE-SAISON CHAUDE

Autres à préciser (chou, gombo, haricot, aubergine douce, aubergine amère...)	Mais	Niébé	Arachide	Pomme de terre	Tomate	Oignon	Spéculations
							Superficie emblavée
							Coût total - Semences
							Coût total - Engrais et intrants chimiques
							Coût total – Intrants chimiques
							Quantité d'engrais Code (1)
							Combien de fois appliquez vous de la fumure (2)
							Précisez la période d'apport durant le cycle culturale
							Quantité totale (kg) récoltée
							Coût total en eau
							Coût total énergie
							Quantité vendue en kg
							Prix en francs CFA
							Consommé (kg)
							Gardé pour les semis (semence) (kg)
							Paiement pour les intrants (kg)
							Troqué ou échangé 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



VI. 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 basée 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

Indicateurs de bonne saison:

1. Pluviométrie 2. Température 3. Autres

Indicateurs de 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 sécheresse ? 1. Oui 2. Non

Avez-vous quelques repères d'évènements:

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 de la zone des Niayes:

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 maraîchage: 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 maraîchage: 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? (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. Achat 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 changées ? 1. Oui 2. Non

Si oui, indiquez:

Les périodes antérieures:

La période actuelle:

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

La période actuelle:

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'infestation 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

Pour les deux zones (Kolda et les Niayes)

VII. 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 SDE
4. Forage 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 de pluie ?

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 ? Par exemple: Si la pluie diminue et ou que la longueur de la saison diminue (80j au lieu de 90j par ex) 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

Évaluation de la vulnérabilité du secteur agricole aux changements climatiques et identification d'options d'adaptation dans la zone des Niayes au Sénégal

Corrigendum
updated on 5 September 2022

Page	Location	Text in printed PDF	Text in corrected PDF
p.i	Auteur(e)s:	Adama Tounkara, Paul Ndiaga Ciss, Mor Ngom Institut sénégalais de recherches agricoles	Adama Faye, Adama Tounkara, Paul Ndiaga Ciss, Mor Ngom Institut sénégalais de recherches agricoles
p.ii	Citation, 1st paragraph	Adama Tounkara, Paul Ndiaga Ciss, Mor Ngom Institut sénégalais de recherches agricoles	Adama Faye, Adama Tounkara, Paul Ndiaga Ciss, Mor Ngom Institut sénégalais de recherches agricoles



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

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

Rome, Italie

Un partenariat technique et financier avec

Québec 

ISBN 978-92-5-136542-7



9 789251 365427

CC0688FR/1/07.22