



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

État des lieux des connaissances  
scientifiques et traditionnelles sur

# L'adaptation aux changements climatiques du secteur agricole

au SÉNÉGAL



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





État des lieux des connaissances scientifiques et traditionnelles sur

# L'adaptation aux changements climatiques du secteur agricole au Sénégal

Rapport produit dans le cadre du projet

**Sécurité alimentaire: une agriculture adaptée (SAGA)**

AUTEUR(E)S:

Ndèye Yacine Ndour-Badiane

Elizabeth Laval

Awa Mbodj

Etienne Drieux

Rebecca AbiKhalil

Mame Ndiobo Diène

Makhfousse Sarr

Martial Bernoux

Ndour-Badiane, N.Y., Laval, E., Mboj, A., Drieux, E., AbiKhalil, R., Diène, M.N., Sarr, M. et Bernoux, M. 2021. *État des lieux des connaissances scientifiques et traditionnelles sur l'adaptation aux changements climatiques du secteur agricole au Sénégal. Rapport produit dans le cadre de la mise en oeuvre du projet Sécurité alimentaire: une agriculture adaptée (SAGA)*. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/cb5969fr>.

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 978-92-5-134779-9

© FAO, 2021



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](http://www.fao.org/publications)) et peuvent être obtenus sur demande adressée par courriel à: [publications-sales@fao.org](mailto:publications-sales@fao.org). Les demandes visant un usage commercial doivent être soumises à: [www.fao.org/contact-us/licence-request](http://www.fao.org/contact-us/licence-request). Les questions relatives aux droits et aux licences doivent être adressées à: [copyright@fao.org](mailto:copyright@fao.org).

Photographie de couverture: ©FAO/Olivier Asselin

# Table des matières

Sigles et abréviations	vii
Remerciements	x
Résumé exécutif	xi
<b>INTRODUCTION</b>	
Contexte	1
Rappel sur le processus du Plan national d'adaptation pour l'agriculture	2
<b>1. APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE</b>	
Questionnaire en ligne	6
Revue documentaire	8
Limites de l'étude	8
<b>2. DESCRIPTION DES CONNAISSANCES SCIENTIFIQUES SUR L'ADAPTATION DU SECTEUR AGRICOLE</b>	
<b>Connaissances sur l'adaptation des cultures</b>	<b>9</b>
Sélection et développement de variétés de semences adaptées	10
Connaissances sur l'adaptation des pratiques culturales	14
Prévisions climatiques et gestion des risques sur les cultures	21
Gestion des ressources	23

3.	DESCRIPTION DES CONNAISSANCES TRADITIONNELLES	
	<b>Adaptation des cultures</b>	<b>31</b>
	Sélection et gestion des semences	31
	Prévision de l'hivernage	33
	Adaptation des calendriers culturaux	33
	<b>Gestion des ressources naturelles</b>	<b>34</b>
	Parcs à <i>Acacia albida</i> dans la campagne Sérère	34
	Restauration des terres salées	34
	Gestion de la fertilité des terres cultivées	34
	Pratique de conservation des eaux et des sols	35
4.	DIFFUSION DES CONNAISSANCES SUR L'ADAPTATION AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES	
	Diffusion des connaissances sur l'adaptation	36
	Le champ-école paysan: une approche de diffusion des connaissances scientifiques et savoir-faire traditionnels	39
5.	CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS	
	Conclusion	41
	Recommandations	43
	<b>BIBLIOGRAPHIE</b>	<b>47</b>

# Figures, tableaux, encadrés

## FIGURES

<b>Figure 1.</b>	Zones d'action du processus du plan national d'adaptation	3
<b>Figure 2.</b>	Carte des zones agroécologiques du Sénégal	4
<b>Figure 3.</b>	Principales connaissances recensées sur l'adaptation des cultures aux changements climatiques	10
<b>Figure 4.</b>	Carte des zones agroécologiques et isohyètes de la moyenne 1981–2010	11
<b>Figure 5.</b>	Principales connaissances recensées sur la gestion des ressources naturelles	23
<b>Figure 6.</b>	Résultats de l'enquête sur les outils utilisés dans la diffusion des connaissances sur l'adaptation aux changements climatiques au Sénégal	37

## TABLEAUX

<b>Tableau 1.</b>	Structures ayant répondu au questionnaire	7
<b>Tableau 2.</b>	Nouvelles variétés de semences homologuées par la recherche	12
<b>Tableau 3.</b>	Technologies de conservation des sols	25
<b>Tableau 4.</b>	Approches et stratégies de diffusion des connaissances sur l'adaptation	38

## ENCADRÉS

<b>Encadré 1.</b>	Programme national sur le biogaz (PNB–Sénégal)	15
<b>Encadré 2.</b>	Promotion des étables fumières par la Société de développement des fibres textiles du Sénégal (SODEFITEX)	16
<b>Encadré 3.</b>	Programme de gestion intégrée de la production et des déprédateurs (GIPD)	20
<b>Encadré 4.</b>	Expérience du village de Siskilos dans l'utilisation de l'information climatique (CCAFS, 2015b)	22

<b>Encadré 5.</b>	Expérience du village de Ndiao Bambaly (Kaffrine, Sénégal)	24
<b>Encadré 6.</b>	Expériences de restauration des terres salées dans le Bassin Arachidier	26
<b>Encadré 7.</b>	Bilan et analyse des interventions et expérimentations agroforestières en regard de leur potentiel à contribuer à l'adaptation aux changements climatiques au Sénégal	28
<b>Encadré 8.</b>	Recherche-action sur les pratiques intégrées d'adaptation aux changements climatiques: cas du village climat-intelligent de Daga Birame (Kaffrine, Sénégal) et sa plateforme d'innovation	29
<b>Encadré 9.</b>	Système de captation d'eau de pluie	30
<b>Encadré 10.</b>	Association sénégalaise des producteurs de semences paysannes	32
<b>Encadré 11.</b>	L'assolement dans les terres à arachides du Sénégal	33
<b>Encadré 12.</b>	Gulle Kisnal: pratique locale de conservation des eaux et des sols, expérimentée dans le cadre du projet SAGA, par les productrices et producteurs de la commune d'Oudalaye	35
<b>Encadré 13.</b>	Le programme de productivité agricole en Afrique de l'Ouest (PPAAO/WAAPP)	39
<b>Encadré 14.</b>	Des champs-écoles de productrices-genre pour renforcer la diffusion des bonnes pratiques d'adaptation aux changements climatiques	40

# Sigles et abréviations

<b>AFD</b>	Agence française de développement
<b>AfricaRice</b>	Centre du riz pour l'Afrique
<b>AMMA-2050</b>	Analyse multidisciplinaire de la mousson africaine-2050
<b>ANACIM</b>	Agence nationale de l'aviation civile et de la météorologie
<b>ANCAR</b>	Agence nationale de conseil agricole et rural
<b>ANIDA</b>	Agence nationale d'insertion et de développement agricole
<b>AVSF</b>	Agronomes et vétérinaires sans frontières
<b>BMU</b>	Ministère fédéral allemand de l'environnement, de la protection de la nature et de la sûreté nucléaire
<b>BTP</b>	Bâtiment des travaux publics
<b>CAC-Miel</b>	Coopérative agroalimentaire de la Casamance
<b>CCNUCC</b>	Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques
<b>CdP</b>	Conférence des Parties
<b>CECI</b>	Centre d'étude et de coopération internationale
<b>CEP</b>	Champs-écoles paysans
<b>CERAAS</b>	Centre d'étude régional pour l'adaptation à la sécheresse
<b>CI</b>	Carrefour international
<b>CIRAD</b>	Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement
<b>CNAAS</b>	Compagnie nationale d'assurance agricole du Sénégal
<b>CNCR</b>	Conseil national de concertation et de coopération des ruraux
<b>CNRA</b>	Centre national de recherches agronomiques
<b>CNRF</b>	Centre national de recherche forestière
<b>COMNACC</b>	Comité national sur les changements climatiques
<b>CORAF</b>	Conseil ouest et centre africain pour la recherche et le développement agricoles
<b>CSE</b>	Centre de suivi écologique
<b>DA</b>	Direction de l'agriculture

<b>DEEC</b>	Direction de l'environnement et des établissements classés
<b>DP IAVAO</b>	Dispositif en partenariat pour l'innovation et l'amélioration variétale en Afrique de l'Ouest
<b>DRDR</b>	Directions régionales de développement rural
<b>FAFD</b>	Fédération des associations du Fouta pour le développement
<b>FAO</b>	Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture
<b>FEM</b>	Fonds pour l'environnement mondial
<b>FIDA</b>	Fonds international de développement agricole
<b>FONGS</b>	Fédération des organisations non gouvernementales du Sénégal
<b>GDT-FEM</b>	Gestion durable des terres
<b>GIEC</b>	Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat
<b>GRAIM</b>	Groupe de recherche et d'appui aux initiatives mutualistes
<b>ICRISAT</b>	Institut international de recherche sur les cultures des zones tropicales semi-arides
<b>IED</b>	Innovation environnement développement
<b>IFDC</b>	Centre international pour le développement des engrais
<b>INP</b>	Institut national de pédologie
<b>IRD</b>	Institut de recherche pour le développement
<b>IRHO</b>	Institut de recherches pour les huiles et oléagineux
<b>ISRA</b>	Institut sénégalais de recherches agricoles
<b>JIR</b>	Jardin intégré de résilience
<b>MAER</b>	Ministère de l'agriculture et de l'équipement rural
<b>MEDD</b>	Ministère de l'environnement et du développement durable
<b>MOS</b>	Matières organiques des sols
<b>MRIF</b>	Ministère des relations internationales et de la francophonie
<b>OP</b>	Organisations de productrices et producteurs
<b>P2RS</b>	Programme régional de renforcement de la résilience à l'insécurité alimentaire et nutritionnelle au Sahel
<b>PAFA</b>	Projet d'appui à la filière agricole
<b>PAPIL</b>	Projet d'appui à la petite irrigation locale
<b>PARFA</b>	Projet d'appui à la résilience des filières agricoles
<b>PAS-PNA</b>	Projet d'appui scientifique au processus de plans nationaux d'adaptation
<b>PMA</b>	Pays les moins avancés
<b>PME</b>	Petites et moyennes entreprises
<b>PNA</b>	Plan national d'adaptation
<b>PNB-SN</b>	Programme national sur le biogaz du Sénégal

<b>PNDL</b>	Programme national développement local
<b>PNUD</b>	Programme des Nations Unies pour le développement
<b>POGV</b>	Projet d'organisation et de gestion villageoises
<b>PPAAO</b>	Programme de productivité agricole pour l'Afrique de l'Ouest
<b>PROGEDE II</b>	Projet de gestion durable et participative des énergies traditionnelles et de substitution
<b>PROGERT</b>	Projet de gestion et de restauration des terres dégradées du bassin arachidier
<b>PROMER</b>	Projet de promotion des microentreprises rurales
<b>RNFS</b>	Réseau national des formateurs en GIPD du Sénégal
<b>SAP</b>	Système d'alerte précoce
<b>SAGA</b>	Sécurité alimentaire: une agriculture adaptée
<b>SE-CNSA</b>	Secrétariat exécutif du conseil national à la sécurité alimentaire
<b>SOCODEVI</b>	Société de coopération pour le développement international
<b>SODEFITEX</b>	Société de développement des fibres textiles du Sénégal
<b>SUCO</b>	Solidarité union coopération
<b>UCAD</b>	Université Cheikh Anta Diop
<b>UICN</b>	Union internationale pour la conservation de la nature
<b>USAID</b>	Agence des États-Unis pour le développement international
<b>VIC</b>	Villages climato-intelligents
<b>WASCAL</b>	West African science service center on climate change and adapted land use

# Remerciements

Cette publication a été développée dans le cadre du projet **Sécurité alimentaire: une agriculture adaptée (SAGA)**, mis en œuvre grâce à l'appui technique et financier du Ministère des relations internationales et de la Francophonie (MRIF) du gouvernement du Québec.

Sa réalisation n'aurait pas été possible sans les contributions des organismes ayant répondu au questionnaire sur «l'inventaire des connaissances scientifiques et traditionnelles sur l'adaptation du secteur agricole face aux effets des changements climatiques»:

- le Gouvernement du Sénégal à travers ses directions et services techniques: Direction de l'agriculture (DA), Direction de l'environnement et des établissements classés (DEEC), Directions régionales du développement rural (DRDR), Agence nationale de conseil agricole et rural (ANCAR), Agence nationale d'insertion et de développement agricole (ANIDA);
- les institutions académiques et de recherche: Agence nationale de la météorologie et de l'aviation civile (ANACIM), Centre d'étude régional pour l'adaptation à la sécheresse (CERAAS), Centre national de recherches agronomiques (CNRA), Centre national de recherche forestière (CNRF), Institut national de pédologie (INP), Institut sénégalais de recherches agricoles (ISRA), Université Cheikh Anta Diop (UCAD), Université McGill;
- les organisations de productrices et producteurs: Conseil national de concertation et de coopération des ruraux (CNCR), Fédération des associations du Fouta pour le développement (FAFD), Groupements villageois et Groupements de femmes de Pandiérou, Yendane, Dougnane et Terokh, Groupe de recherche et d'appui aux initiatives mutualistes (GRAIM), Coopérative agroalimentaire de la Casamance (CAC-Miel);
- les organisations non gouvernementales et organisations de coopération internationale: Agronomes et vétérinaires sans frontières (AVSF), Carrefour international (CI), Fédération des organisations non gouvernementales du Sénégal (FONGS), Mer et monde, Réseau national des formateurs en GIPD du Sénégal (RNFS), Société de coopération pour le développement international (SOCODEVI), Solidarité union coopération (SUCCO);
- l'équipe du projet FAO «Intégration de la résilience climatique dans la production agro-pastorale pour la sécurité alimentaire dans les zones rurales vulnérables à travers l'approche des champs-école paysans».

Nous leur adressons nos sincères remerciements. Nous tenons également à souligner l'engagement constant de nos partenaires du Ministère de l'agriculture et de l'équipement rural (MAER) et du Ministère de l'environnement et du développement durable (MEDD), ainsi que le Comité national sur les changements climatiques (COMNACC).

Finalement, nous remercions Lucia Moro (FAO) pour la conception graphique de la présente publication et ses précieux apports au projet SAGA.

# Résumé exécutif

Le processus des Plans nationaux d'adaptation (PNA), établi en 2010 par le Cadre de l'adaptation de Cancún, couvre les étapes indispensables au développement des connaissances pour soutenir la prise de décision ainsi qu'au renforcement des capacités permettant une planification maîtrisée et déclinée dans les différents secteurs de développement.

Ainsi, plusieurs initiatives accompagnent le Sénégal dans l'élaboration de PNAs sectoriels, basés à la fois sur des évidences scientifiques et des connaissances traditionnelles. Ces appuis portent, entre autres, sur le recensement d'informations disponibles et sur le développement de connaissances sur les incidences des changements climatiques, la vulnérabilité et l'adaptation pour les secteurs concernés.

L'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) appuie le développement du PNA pour le secteur de l'agriculture du Sénégal à travers le projet «Sécurité alimentaire: une agriculture adaptée» (SAGA). C'est dans ce cadre qu'un état des lieux de la planification de l'adaptation au Sénégal a été développé en 2020. Cette étude a permis d'informer les parties prenantes nationales: (i) sur le cadre stratégique et institutionnel du processus PNA au niveau national; et (ii) sur l'état des lieux du processus pour le secteur de l'agriculture, incluant des études de vulnérabilité, des politiques, des programmes d'investissements, des projets et approches intégrant la dimension de l'adaptation aux changements climatiques au Sénégal et les mécanismes de communication, sensibilisation, concertation et suivi-évaluation.

Ce document a pour objectif d'informer les parties prenantes nationales sur les connaissances scientifiques et traditionnelles disponibles sur l'adaptation aux changements climatiques du secteur agricole au Sénégal. Il présente l'état des lieux des connaissances et jette les bases d'une réflexion sur les lacunes à combler et les ressources qui pourraient être nécessaires afin d'améliorer la collecte de nouvelles données sur l'adaptation à moyen et long terme pour le secteur agricole.

Le travail d'inventaire repose sur une approche participative s'appuyant à la fois sur l'administration d'un questionnaire en ligne qui a permis d'explorer les pistes existantes par rapport aux connaissances scientifiques et traditionnelles sur l'adaptation aux changements climatiques. Il a également permis de mobiliser une première documentation (publications, sites web, rapports, etc.) afin d'approfondir la recherche documentaire et de répertorier les approches et outils utilisés pour la diffusion de ces connaissances au niveau national.

La première partie du document présente un aperçu des connaissances scientifiques sur l'adaptation. Elle montre que des connaissances sur la problématique de l'adaptation des plantes cultivées à la sécheresse et sur la restauration des terres dégradées, en particulier des terres salées, ont été développées à partir des années 1960. Cependant, la question de l'adaptation à la hausse des températures reste toujours d'actualité (spécifiquement pour le riz). Les pratiques d'optimisation de l'usage des intrants, à travers la fertilisation localisée des cultures sont développées et de plus en plus utilisées pour limiter les pertes de nutriments.

La seconde partie porte sur l'état des lieux des connaissances et savoirs traditionnels. Elle montre que les pratiques traditionnelles comme l'agroforesterie ont été longtemps utilisées dans le bassin arachidier et sont bien capitalisées par la recherche agronomique. Les pratiques de la régénération naturelle assistée (RNA) étaient largement réalisées dans les terroirs Sereers du bassin arachidier, à travers les parcs à *Acacia albida* et à *Cordyla pinnata*. Cela a poussé les scientifiques à étudier l'impact de ces parcs sur la gestion de la fertilité des sols cultivés, mais également leur importance sur les activités socio-économiques des populations.

La troisième partie de l'état des lieux aborde les approches de partage des connaissances pouvant être privilégiées comme options de diffusion et de mise à l'échelle des bonnes pratiques d'adaptation. Parmi celles-ci, les approches participatives comme les champs-écoles paysans (CEP) semblent les plus prometteuses.

Le processus PNA agriculture étant en cours au Sénégal, le document conclut sur des recommandations à prendre en compte pour les prochaines étapes du processus pour le secteur agricole. La production de données et d'informations sur la vulnérabilité et l'adaptation aux changements climatiques, l'actualisation régulière des connaissances, et leur intégration dans les politiques et plans nationaux, sont donc une nécessité pour une prise en charge effective des changements climatiques dans les court, moyen et long termes.

Ce travail a été rendu possible grâce à l'appui technique et financier du gouvernement du Québec à travers le projet SAGA, lequel œuvre au renforcement des capacités de planification pour la sécurité alimentaire et la nutrition dans deux pays francophones particulièrement vulnérables au changement climatique: le Sénégal et Haïti.

# Introduction



## Contexte

L'Afrique de l'Ouest est l'une des régions les plus fortement touchées par les effets des changements climatiques (GIEC, 2014). Ceux-ci se manifestent entre autres par une augmentation des températures de +1°C à +2°C depuis 1950 (Guichard *et al.*, 2015; Morice *et al.*, 2012), et une plus grande variabilité pluviométrique à partir des années 1990 (Salack *et al.*, 2016). Cette variabilité se manifeste par des pluies intenses, des poches de sécheresse en début ou en fin de saison, et par une forte variabilité sur la distribution spatiale et temporelle de la pluviométrie (Sylla *et al.*, 2016). Ces événements ont des impacts très sévères sur les systèmes de production agricoles (assèchement des sols, avortement des semis, stress hydrique des plantes) créant ainsi des conditions extrêmement contraignantes pour les productrices et producteurs dans la gestion et la planification de leurs travaux agricoles (Ati *et al.*, 2002; Sönnert, 2014).

Les projections climatiques réalisées dans la région, convergent pour la plupart vers une augmentation des températures dans l'ouest du Sahel (Bourgault *et al.*, 2020). Un réchauffement estimé entre 3°C et 6°C<sup>1</sup> est projeté à l'horizon 2100 (Niang *et al.*, 2014; Dème *et al.*, 2015). En revanche, le consensus reste encore faible quant à l'ampleur des changements potentiels en termes de précipitations. Toutefois, la plupart des modèles prédisent une baisse des précipitations dans la partie sahélienne, allant jusqu'à soixante pour cent pour la période 2041–2070 (Dème *et al.*, 2015; Bourgault *et al.*, 2020). Cette réduction des précipitations sera combinée avec des épisodes récurrents de sécheresse et d'inondations, de fortes

<sup>1</sup> 3°C Pour le scénario le plus optimiste (RCP 4.5) et 6°C pour le scénario pessimiste (RCP 8.5).

variabilités pluviométriques (faux départs de la saison, pauses pluviométriques et arrêts précoces des pluies), et une intensification de la fréquence des averses quotidiennes (Salack *et al.*, 2016).

Une étude récente portant sur le bassin du fleuve Sénégal montre également que les projections climatiques concernant les précipitations ne s'accordent pas sur une tendance claire (Bourgault, *et al.*, 2020) entraînant ainsi des incertitudes sur les projections hydrologiques du bassin. Les projections hydrologiques à l'horizon 2075 montrent: 30 pour cent de probabilité de diminution du régime des écoulements (18 pour cent de réduction pour le scénario sec, et 12 pour cent pour le scénario très sec); 26 pour cent de probabilité que le régime globalement inchangé (neutre); et 44 pour cent de probabilité d'une augmentation du régime des écoulements (34 pour cent pour le scénarios humide, 10 pour cent pour le scénario très humide). En parallèle, un consensus sur l'augmentation des températures est noté. Cette augmentation entraînerait ainsi une augmentation de l'évapotranspiration du bassin, d'environ 2.5 pour cent entre 2000 et 2040 et six pour cent entre 2000 et 2100 (Bourgault, *et al.*, 2020). Les résultats montrent que l'agriculture irriguée est globalement très peu sensible aux changements climatiques et aux politiques d'allocation, mais que la mise en œuvre des crues artificielles<sup>2</sup> en septembre augmenteraient la vulnérabilité des cultures irriguées durant le restant de l'année, avec une chute probable de la production (entre trente-cinq et soixante pour cent). Cette vulnérabilité sera exacerbée par l'augmentation des superficies irriguées et par l'ampleur de la réduction des écoulements.

A l'image des autres pays sahéliens, le Sénégal est et sera très vulnérable à la variabilité pluviométrique et aux risques de sécheresse (Gaye *et al.*, 2009). Les productrices et producteurs font de plus en plus face aux chocs climatiques récurrents affectant négativement les moyens de subsistance et les économies très sensibles des zones rurales. Les modèles prédisent une augmentation des températures, une forte diminution des précipitations à l'horizon 2100 sous le scénario RCP8.5 (Gaye *et al.*, 2009) et une persistance dans le futur, de la forte diminution de la durée maximale des séquences humides notée depuis 1960 (Ly *et al.*, 2013). De ce fait, l'adaptation aux changements climatiques devient une nécessité pour les communautés, et particulièrement pour les populations rurales dont les systèmes de production sont grandement tributaires de la pluviométrie (Salack *et al.*, 2012).

## Rappel sur le processus du Plan national d'adaptation pour l'agriculture

La communauté internationale a reconnu, lors de la 16<sup>ème</sup> session de la Conférence des Parties (CdP) à la Convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) en 2010 à Cancún (Mexique), que la planification de l'adaptation au niveau national pouvait permettre à tous les pays en développement et aux pays les moins avancés (PMA), d'évaluer leurs facteurs de vulnérabilité, de prendre en compte les risques liés aux changements climatiques et de traiter le problème de l'adaptation. La conférence a en outre convenu que l'action renforcée pour l'adaptation devra, entre autres, tenir compte et s'inspirer des meilleurs travaux et connaissances scientifiques disponibles, des connaissances et savoir-faire traditionnels et autochtones, ainsi que des démarches soucieuses de l'égalité des sexes, en vue d'intégrer l'adaptation dans les politiques et mesures sociales, économiques et environnementales pertinentes.

Le Sénégal a démarré le processus d'élaboration du PNA en 2015, à travers une approche sectorielle<sup>3</sup>, participative et inclusive (FAO, 2020b) afin d'intégrer l'adaptation dans la planification des projets et programmes sectoriels. Le processus PNA couvre les étapes indispensables au développement des connaissances nécessaires pour soutenir la prise de décision ainsi qu'au renforcement des capacités pour une planification stratégique de l'adaptation maîtrisée et déclinée dans les différents secteurs essentiels au développement du pays.

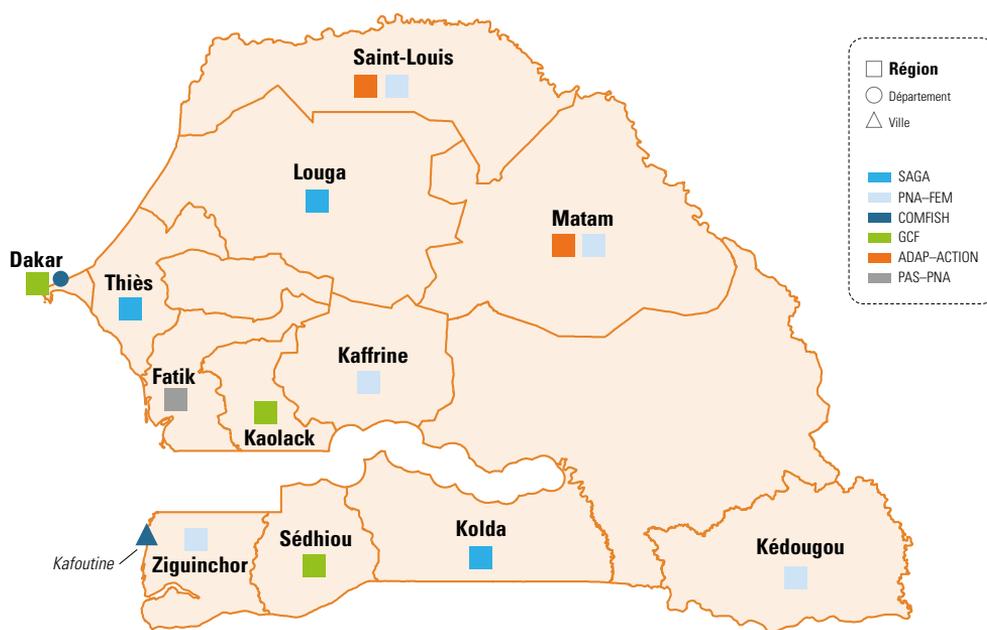
<sup>2</sup> Plus les pluies se font rares, plus la crue du fleuve est essentielle. Elle permet d'inonder (vers la fin de la saison des pluies), la large plaine alluviale de la moyenne vallée, cultivée en saison sèche après le retrait des eaux.

<sup>3</sup> Neuf PNA sectoriels seront formulés par le Sénégal: agriculture, élevage, pêche, ressources en eau, zone côtière, biodiversité/tourisme, santé, gestion des risques de catastrophe axée sur les inondations, et infrastructures.

Plusieurs initiatives appuient le processus du PNA pour le secteur de l'agriculture<sup>4</sup> (Ndour *et al.*, 2020): (i) le projet d'appui scientifique au processus du plan national d'adaptation (PAS-PNA), avec l'appui du Ministère fédéral allemand de l'environnement, de la protection de la nature et de la sûreté nucléaire (BMU); (ii) le projet Adapt'Action avec l'appui financier de l'Agence Française pour le développement (AFD); (iii) le projet d'appui au plan national d'adaptation (PNA-FEM), financé par le Fonds pour l'environnement mondial (FEM); (iv) et le projet SAGA, coordonné par la FAO, et rendu possible grâce à un partenariat technique et financier avec le Ministère des relations internationales et de la francophonie du gouvernement du Québec (MRIF).

Ainsi, pour pouvoir s'appuyer sur des connaissances scientifiques les plus récentes, le Sénégal a lancé plusieurs études de vulnérabilité au niveau régional pour l'élaboration de ses PNA sectoriels. Le projet PAS-PNA a ainsi réalisé des études de vulnérabilité face aux changements climatiques dans la région de Fatick sur: (i) le secteur agricole (Faye *et al.*, 2019); (ii) le secteur des ressources en eau (Bah *et al.*, 2019); (iii) et celui de la zone côtière (Sadio *et al.*, 2019). A l'image du processus du PNA pour la région de Fatick, d'autres études de vulnérabilité sont en cours de réalisation au niveau des autres régions (figure 1) avec l'appui: (i) du projet SAGA, dans les régions de Louga, Thiès et Kolda; (ii) du projet Adapt'Action dans la zone du fleuve Sénégal; (iii) mais aussi d'autres études planifiées dans le cadre du projet PNA-FEM, afin qu'elles couvrent les différentes régions dans les six zones agroécologiques du pays (figure 2).

Figure 1. Zones d'action du processus du plan national d'adaptation



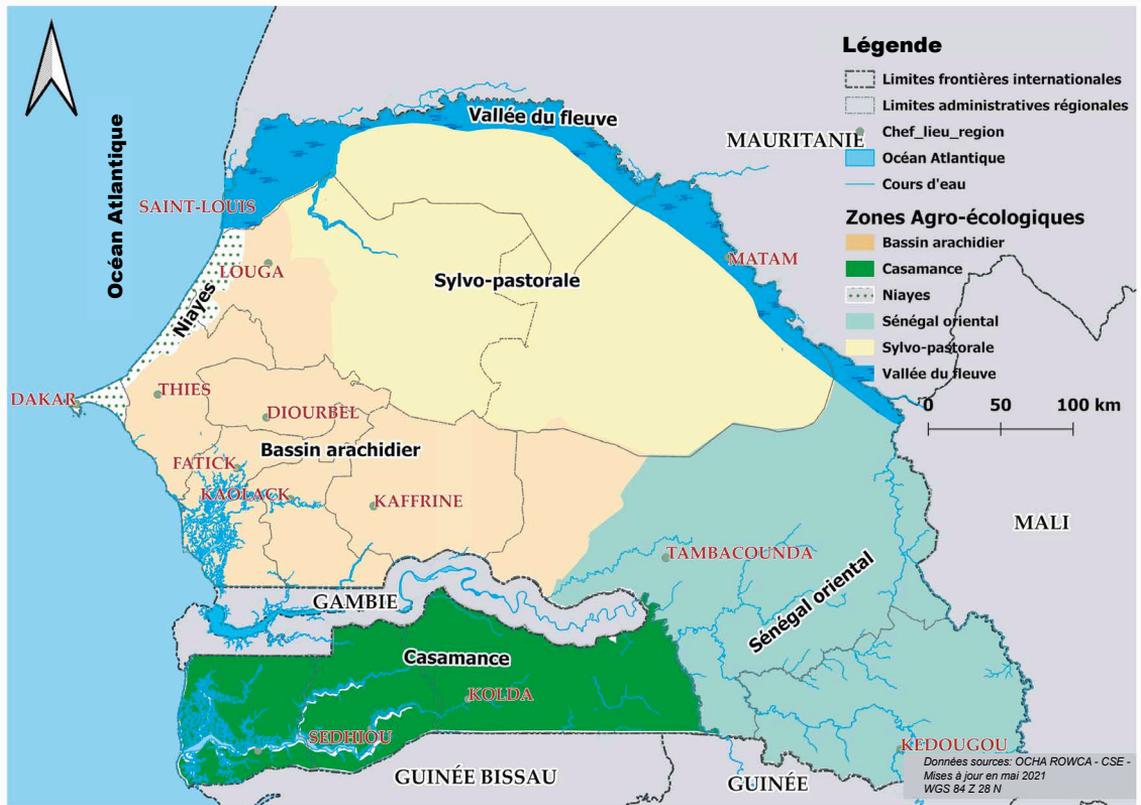
Les appellations utilisées sur cette carte et la présentation des données y figurent n'impliquent de la part du Secrétariat de l'Organisation des Nations Unies aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, villes ou zones, ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs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

Source: [www.unsalb.org/data/sen](http://www.unsalb.org/data/sen)

Auteurs: Mario Bloise, Lucia Moro

<sup>4</sup> Dans ce document l'agriculture fait référence au secteur de l'agriculture au sens strict. L'élevage, la foresterie et l'aquaculture seront analysés dans le cadre des PNA sectoriels complémentaires au Sénégal.

Figure 2. Carte des zones agroécologiques du Sénégal



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.

Données sources: OCHA ROWCA - CSE - Mises à jour en mai 2021 WGS 84 Z.28 N

Source: OCA ROWCA – CSE mises à jour en Mai 2021 WGS 84 Z 28 N

Auteur: Alioïne Watt

Le renforcement des capacités des acteurs sectoriels est également réalisé à travers le recensement d'informations sur l'état des lieux des connaissances et les données disponibles sur les tendances climatiques actuelles et futures, les impacts des changements climatiques sur les secteurs de développement (agriculture, ressources en eaux, pêche, etc.). Ces différentes informations permettront aux parties prenantes d'entamer une réflexion, et de procéder ainsi à une analyse des lacunes afin d'évaluer les forces et les faiblesses du processus en matière de capacités, de données et d'informations ainsi que les ressources nécessaires pour s'engager avec efficacité dans un processus PNA inclusif et efficace. Ainsi:

- deux publications ont été réalisées par le PAS-PNA sur: (i) l'état des lieux sur les références aux changements climatiques et leurs bases scientifiques dans les politiques et stratégies au Sénégal (Noblet *et al.*, 2018); (ii) et l'état des lieux sur les connaissances scientifiques sur les changements climatiques pour les secteurs des ressources en eau, de l'agriculture et de la zone côtière (Noblet *et al.*, 2019); et
- une publication sur l'état des lieux de la planification de l'adaptation au Sénégal, avec focus sur le PNA agriculture, réalisée par le projet SAGA (Ndour *et al.*, 2020). Cette publication passe en revue le cadre stratégique et institutionnel du processus PNA au niveau national, puis analyse l'état des lieux du processus pour le secteur de l'agriculture.



La présente publication porte sur le recensement des informations sur les connaissances scientifiques et traditionnelles sur l'adaptation du secteur agricole aux changements climatiques au Sénégal. L'objectif de l'étude est de: (i) recueillir les informations disponibles sur les connaissances scientifiques sur l'adaptation aux changements climatiques au Sénégal; (ii) les connaissances et savoirs traditionnels existants également sur ce domaine; (ii) les outils et approches utilisées pour la diffusion de ces connaissances; et (iii) formuler des orientations en vue de la capitalisation des connaissances pouvant alimenter le choix des options d'adaptation à moyen et long terme pour la planification de l'adaptation aux changements climatiques. Les informations présentées sur l'état des connaissances permettront également d'entamer une réflexion sur les lacunes, les forces et les faiblesses en termes de connaissances, de gestion de données nécessaires pour les technologies pour l'adaptation à moyen et long terme du secteur agricole.

Le document présente, dans un premier temps, le contexte et l'approche méthodologique utilisée pour la collecte de la littérature, puis la synthèse des connaissances scientifiques et pratiques sur les stratégies d'adaptation aux changements climatiques. Les approches et outils de partage des connaissances sur l'adaptation aux changements climatiques au niveau national sont ensuite répertoriés et analysés, et des orientations et pistes de réflexion posées pour améliorer les connaissances en matière d'adaptation aux changements climatiques dans le secteur de l'agriculture.

# 1. Approche méthodologique



La démarche méthodologique est basée sur une approche participative s'appuyant à la fois sur l'administration d'un questionnaire en ligne suivi d'une recherche documentaire approfondie.

## QUESTIONNAIRE EN LIGNE

Afin de recenser les connaissances sur les pratiques d'adaptation aux changements climatiques, des entretiens semi-dirigés étaient prévus auprès des actrices et acteurs du secteur agricole que sont les groupements de productrices et producteurs, les organismes de recherche, les services techniques ministériels, les organisations non gouvernementales (ONG) et les organisations internationales. Compte-tenu du contexte de la pandémie de la Covid-19, ces entretiens ainsi que les enquêtes prévues sur le terrain ne pouvaient avoir lieu. C'est la raison pour laquelle un questionnaire exploratoire en ligne a été administré pour recueillir les connaissances scientifiques et traditionnelles sur l'adaptation aux changements climatiques qui ont été développées et/ou utilisées et les approches choisies pour leurs applications sur le terrain. Les parties prenantes ayant répondu au questionnaire sont listées dans le [tableau 1](#): recherche, ONG nationales et internationales, universités, organisations de coopération internationale québécoises (OCI), productrices et producteurs.



Tableau 1. Structures ayant répondu au questionnaire

Catégories	Structures
Universités	<ul style="list-style-type: none"><li>• Université Cheikh Anta Diop (UCAD)</li><li>• Université McGill de Montréal</li></ul>
Structures de recherche	<ul style="list-style-type: none"><li>• Institut sénégalais de recherches agricoles (ISRA)</li><li>• Institut national de pédologie (INP)</li><li>• Agence nationale de la météorologie et de l'aviation civile (ANACIM)</li><li>• Centre d'étude régional pour l'amélioration de l'adaptation à la sécheresse (CERAAS)</li><li>• Centre national de recherche forestière (CNRF)</li><li>• Centre national de recherche agronomique (CNRA)</li></ul>
Directions et services techniques des ministères de l'agriculture et de l'environnement	<ul style="list-style-type: none"><li>• Agence nationale de conseil agricole et rural (ANCAR)</li><li>• Direction de l'environnement et des établissements classés (DEEC)</li><li>• Directions régionales de développement rural (DRDR)</li><li>• Direction de l'agriculture (DA)</li><li>• Agence nationale d'insertion et de développement agricole (ANIDA)</li></ul>
ONG/OCI	<ul style="list-style-type: none"><li>• Fédération des organisations non-gouvernementales du Sénégal (FONGS)</li><li>• Carrefour International, Centre d'étude et de coopération internationale (CECI)</li><li>• Agronomes et vétérinaires sans frontières (AVSF)</li><li>• Société de coopération pour le développement international (SOCODEVI)</li><li>• Mer et monde; Solidarité union coopération (SUICO)</li><li>• Réseau national des formateurs en GIPD du Sénégal (RNFS) par l'approche champ-école des producteurs</li></ul>
Organisation de productrices et producteurs	<ul style="list-style-type: none"><li>• Conseil national de concertation et de coopération des ruraux (CNCR)</li><li>• Fédération des associations du Fouta pour le développement (FAFD)</li><li>• Groupements villageois et Groupements de femmes de Pandiënou, Yendane, Dougnane et Terokh</li><li>• Groupe de recherche et d'appui aux initiatives mutualistes (GRAIM)</li><li>• Coopérative agroalimentaire de la Casamance (CAC-Miel)</li></ul>
Organismes internationaux	<ul style="list-style-type: none"><li>• Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO)</li></ul>

Le questionnaire a été envoyé à une quarantaine de personnes représentant les différentes structures intervenant dans le secteur agricole. Il a ainsi permis: (i) d'explorer les pistes existantes par rapport aux connaissances scientifiques et traditionnelles sur l'adaptation aux changements climatiques pour le secteur agricole; (ii) de mobiliser la documentation (publications, sites web, rapports, etc.) afin d'approfondir l'état des lieux; (iii) et d'inventorier les approches et outils utilisés pour la diffusion des connaissances au niveau national.

Cet échantillonnage a servi à identifier des connaissances sur l'adaptation aux changements climatiques du secteur agricole et des expériences et exemples pratiques mis en œuvre et ayant donné des résultats probants sur le terrain.

## REVUE DOCUMENTAIRE

Une revue documentaire des connaissances sur les pratiques d'adaptation aux changements climatiques au Sénégal a été réalisée, sur la base de publications scientifiques, des fiches techniques, des rapports des projets et programmes d'adaptation et des sites web. Les orientations données par les structures ayant répondu à l'enquête nous ont permis d'approfondir la recherche à partir des informations partagées. Ainsi, nous avons consulté les publications scientifiques, les sites web et bases de données:

- des structures de recherches nationales, régionales et internationales (Institut sénégalais de recherches agricoles (ISRA), Centre du riz pour l'Afrique (AfricaRice), Institut international de recherche sur les cultures des zones tropicales semi-arides (ICRISAT), Conseil ouest et centre-africain pour la recherche et le développement agricoles (CORAF), Centre international pour le développement des engrais (IFDC), Centre régional d'agro-hydro-météorologie (AGRYMETH), Dispositif en partenariat pour l'innovation et l'amélioration variétale en Afrique de l'ouest (DP IAVAO), Institut de recherche pour le développement (IRD), Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (CIRAD);
- les projets et programmes: le Programme de productivité agricole pour l'Afrique de l'Ouest (PPAAO)/ou «West African agricultural productivity (WAAP)», le Projet d'appui à la filière agricole (PAFA), le Projet d'appui à la résilience des filières agricoles (PARFA), le Programme régional de renforcement de la résilience à l'insécurité alimentaire et nutritionnelle au Sahel (P2RS), le Projet de gestion et de restauration des terres dégradées du bassin arachidier (PROGERT), et le Programme changement climatique agriculture et sécurité alimentaire (CCAFS), etc;
- les publications des ONG: Innovation environnement développement (IED), ENDA-Pronat, AVSF, Union internationale pour la conservation de la nature (UICN), les organisations de coopération internationales québécoises (Carrefour International, CECL, SUCO, Mer et Monde, SOCODEVI, UPA-DII);
- des publications et sites web des organismes internationaux (la FAO, le Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD), l'Agence des États-Unis pour le développement international (USAID), le Fonds international de développement agricole (FIDA)).

Cette revue documentaire a ainsi permis de compléter les connaissances sur les pratiques d'adaptation aux changements climatiques identifiées lors de l'échantillonnage.

## LIMITES DE L'ÉTUDE

L'administration du questionnaire en ligne et l'absence d'entrevues directes liée à la pandémie de la Covid-19, n'ont pas permis d'approfondir les aspects relatifs aux connaissances et savoirs traditionnelles, qui nécessitent souvent un déplacement sur le terrain. En effet les connaissances et les savoir-faire traditionnels sont très rarement documentés et capitalisés. Néanmoins, quelques documentations ont pu être collectées et exploitées.

L'enquête en ligne n'a également pas permis de documenter le niveau de diffusion et d'appropriation des connaissances par les parties prenantes à la base.

## 2. Description des connaissances scientifiques sur l'adaptation du secteur agricole



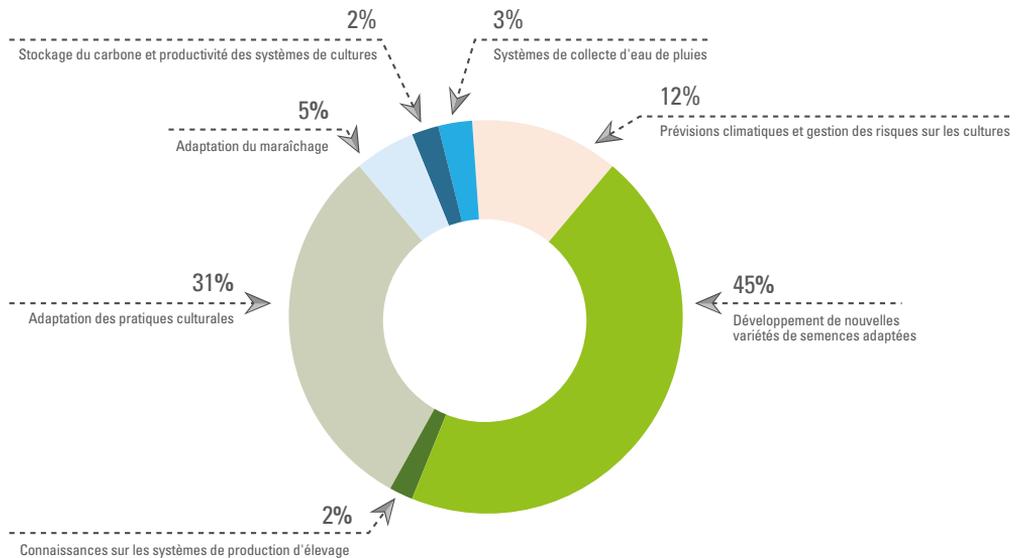
©Chloé Paquette

### CONNAISSANCES SUR L'ADAPTATION DES CULTURES

La question des changements climatiques pose notamment celle de la disponibilité de données et de connaissances sur lesquelles les entités politiques pourraient s'appuyer pour développer des mesures d'adaptation pertinentes et réduire la vulnérabilité des populations. Dans ce document «les connaissances» font référence aux informations scientifiques introduites par la recherche et les savoirs et savoir-faire traditionnels concernant l'adaptation aux effets des changements climatiques pour le secteur agricole.

La figure ci-dessous présente les réponses des structures ayant répondu au questionnaire (enquête SAGA, 2020) concernant les principaux domaines de connaissances développés et/ou utilisés sur l'adaptation des cultures aux changements climatiques au Sénégal. Les réponses montrent que: (i) la sélection et le développement de nouvelles variétés de semences sont les plus développés et/ou utilisés (44,7 pour cent); (ii) suivi de l'adaptation des pratiques culturelles (30,9 pour cent); (iii) et ensuite de celles sur les prévisions climatiques et la gestion des risques sur les cultures (12 pour cent). Cinq pour cent des personnes enquêtées ont également souligné développer et/ou utiliser des connaissances sur l'adaptation du maraîchage, et trois pour cent sur les systèmes de collecte des eaux de pluies.

Figure 3. Principales connaissances recueillies sur l'adaptation des cultures aux changements climatiques



Source: FAO

## Sélection et développement de variétés de semences adaptées

Les réponses des personnes enquêtées (enquête SAGA, 2020) montrent que les recherches sur la sélection et le développement de variétés adaptées au climat sont les plus développées parmi les connaissances sur l'adaptation au Sénégal (44,7 pour cent des réponses). Les connaissances recueillies sur ce présent document ont concerné spécifiquement les céréales et légumineuses qui représentent l'essentiel des cultures vivrières au Sénégal.

L'adaptation variétale est indispensable dans le contexte sahélien, où la durée du cycle de croissance d'une plante est essentielle pour les cultures pluviales qui représentent environ 87 pour cent des cultures au Sénégal (ANSD, 2018). Compte tenu du glissement des isohyètes noté depuis les années 1970 (Gaye *et al.*, 2015; Ndong, 1995), certaines variétés à cycle long ne pouvaient plus être cultivées dans les zones nord et centre du Sénégal [zone sylvo pastorale, bassin arachidier nord et centre (voir [figure 2](#) sur la carte des zones agroécologiques)]. Par exemple dans la zone nord, la variété de mil à cycle court (Souna trois) issue de la recherche est impérativement utilisée.

La recherche agronomique s'est penchée sur les problématiques relatives à l'amélioration variétale et à l'adaptation à la sécheresse dès le début des années 1970 (Annerose 1990, 1991; Annerose et Diagne, 1990; Clavel, 1999; Clavel *et al.*, 2004; Diop *et al.*, 2005). La plupart des connaissances développées concernent l'amélioration variétale et spécifiquement les variétés à cycle court (arachide, riz, mil, maïs) et celles résistantes à la sécheresse (arachide, mil), à la salinité et au froid (riz) et l'alimentation hydrique des cultures (Diouf, 2000; Diouf *et al.*, 2001).

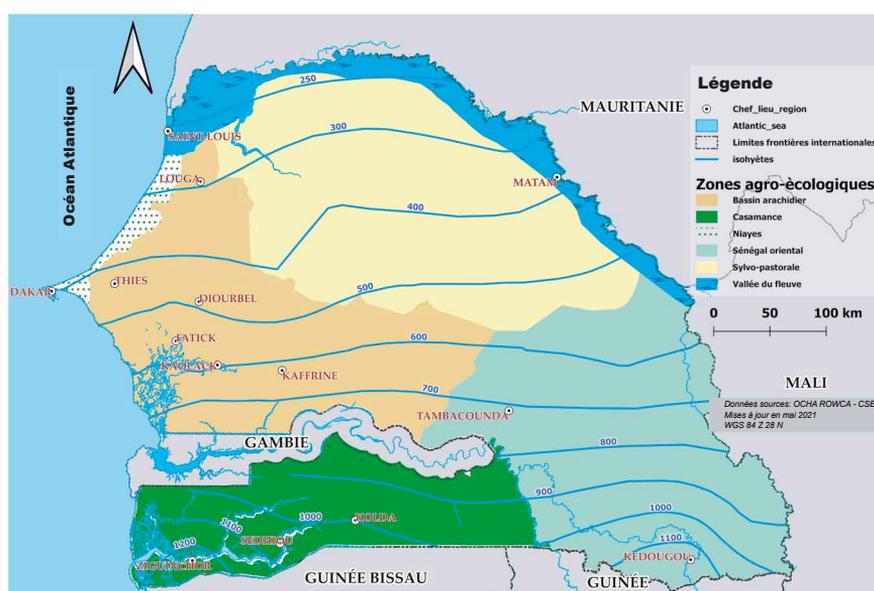
L'utilisation de ces nouvelles variétés créées par la recherche offre aux agriculteurs et agricultrices une plus grande flexibilité dans l'adaptation aux changements climatiques, y compris les traits qui leur confèrent une tolérance à la sécheresse et à la chaleur, ou à la salinité (par exemple, en raison de la montée des eaux dans les zones côtières). Les espèces et variétés de céréales, légumineuses, cultures maraichères cultivées au Sénégal sont répertoriées dans le catalogue officiel de la FAO (2008). Le catalogue représente un guide indispensable pour les productrices

et producteurs, les opérateurs semenciers sénégalais, et les services de contrôle et de certification des semences du MAER. Le Sénégal a par la suite homologué en 2018 de nouvelles variétés d'arachide, de riz, de mil de fonio, de niébé, qui viennent enrichir le catalogue des semences et des variétés de 2012. Les fiches techniques de ces nouvelles variétés homologuées (à l'exception de celles sur l'arachide) sont disponibles sur la base de données nationale sur les techniques agricoles et les connaissances scientifiques (PPAAO, 2021). Le focus a été mis sur les principales cultures vivrières (arachide, riz, mil, maïs, niébé) qui jouent un rôle important dans la sécurité alimentaire des populations et qui sont également les plus affectées par les effets des changements climatiques.

## Sélection et développement de variétés d'arachide adaptées

L'arachide (*Arachis hypogaea*) est la culture la plus affectée par les effets des changements climatiques. Les connaissances développées concernent l'amélioration de l'adaptation de la culture à la sécheresse (Clavel et Ndoye 1997; Clavel *et al.*, 2004; Clavel et Annerose, 1996). Ces travaux ont mis l'accent sur le raccourcissement du cycle de culture pour l'adapter à la longueur de la saison des pluies, en tenant compte de la réduction de la pluviométrie du nord vers le sud du Sénégal (figure 4). Ces connaissances ont permis de produire plusieurs cartes variétales d'arachide (Gautreau, 1982; Clavel et Ndoye, 1997; ISRA, 2018; PPAAO, 2018), qui représentent un outil permettant de faire le choix des variétés à cultiver en fonction de la région ciblée et des conditions pluviométriques. Cette évolution de la carte variétale de l'arachide est tout à fait révélatrice de l'origine climatique des principaux changements variétaux intervenus depuis 1970 et représente une synthèse des connaissances, actualisées régulièrement en fonction du contexte pédoclimatique et des résultats de recherche (Clavel et Ndoye, 1997). Au nord du Sénégal, par exemple dans la zone de Louga, où la pluviométrie est d'environ 300 à 400 mm/an, sont vulgarisées par l'État des variétés extra-précoces qui peuvent mûrir en 75 ou 80 jours comme la 78–936, la Srv1–19, la 73–9–11 et la 55–33. Ces variétés ont permis, aujourd'hui, de cultiver à nouveau l'arachide dans la région de Louga, en dépit de la courte durée de l'hivernage notée dans cette partie du Sénégal. Les variétés 55–437 (90 jours), Fleur 11 (90 jours) et la GC8–35 (80 jours) sont également vulgarisées dans le bassin arachidier sud jusque dans la région de Kolda.

Figure 4. Carte des zones agroécologiques et isohyètes de la moyenne 1981–2010



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.

En 2018, l'ISRA a homologué (ISRA, 2018) sept nouvelles variétés d'arachides, dont six à cycle court (voir [tableau 2](#)) qui sont en cours de vulgarisation («Sunu gaal», «Taruu», «Tosset», «Rafeet Car», «Yaakar», «Essamaye» et «amoul morom»).

**Tableau 2. Nouvelles variétés de semences homologuées par la recherche (ISRA, 1999; 2018; Africa Rice, 2010)**

Spéculation	Variétés développées	Cycle végétatif	Zones recommandées
Arachide	Sunu gaal: variété à cycle court adaptée à la sécheresse	90 jours	Bassin arachidier Nord et centre: Louga, Thiès, Diourbel et Fatick
	Taruu: variété à cycle court adaptée aux zones sèches où la fin de la saison des pluies est variable Dormance des graines fraîches*	90 jours	Bassin arachidier Nord et centre: Thiès, Diourbel et Fatick, Kaolack
	Tosset: variété à cycle court	90 jours	Zone irriguée: Vallée du fleuve Sénégal
	Yaakar: variété à cycle court, adaptée aux zones sèches Forte production de fane (adaptée pour les systèmes mixtes agriculture-élevage)	90 jours	Centre du bassin arachidier: régions de Diourbel, Fatick, Kaffrine et de Kaolack
	Rafeet Kaar: variété adaptée à un système de culture intensif, avec un bon rendement en fane	90 jours	Zone irriguée: Vallée du fleuve Sénégal
	Essamaye: variété à cycle intermédiaire	105 jours	Zone sud (Casamance); au sud de la région de Kaolack et dans la région du Sénégal oriental
	Amoul morom: variété à cycle est long	120 jours	Kaolack, Kaffrine, Sénégal oriental et la Casamance
Riz	Isriz 1, 2: variétés à cycle court, tolérantes à la sécheresse	100 jours	Irrigué et bas-fonds: Vallée du fleuve Sénégal
	Isriz 10 et 11: variétés adaptées à la salinité	130–120 jours	Zones irriguées: Vallée du fleuve Sénégal
	Isriz 13 et 14: variétés adaptées aux basses températures	120–130 jours	
Mil	Gawane (85 jours) ISMI (85 jours) Thialac 2 (95 jours)	85 jours	Zone sud du bassin arachidier
	IBV-8001 IBV-8004	80 jours 75 jours	Centre sud bassin arachidier Centre-nord, Louga
	ISMI 9507 (Synthétique ISRA)		Centre-nord du bassin arachidier

\* Cette caractéristique est très intéressante puisqu'elle permet d'éviter les pertes importantes (20 pour cent) de rendement en gousses liées aux repousses notées chez les variétés comme Fleur 11 et 55-437.

Source: ISRA, 2018; Fiche techniques CNRA/ Bambej



## Sélection et développement de variétés de mil adaptées

Selon l'Organisation météorologique mondiale (OMM, 2020), le mil (*Pennisetum glaucum*) et le sorgho (*Sorghum bicolor*) seront les céréales les moins affectées par les conséquences des changements climatiques d'ici 2050. Une faible baisse des rendements est attendue (moins 5 pour cent d'ici 2050), à cause de la résistance de la céréale à la hausse des températures (plus de 40 degrés).

La plupart des connaissances développées ont mis l'accent sur le raccourcissement du cycle (la variété «Sanio» qui était la plus cultivée avait un cycle de 120 jours) afin de faire face à la réduction de la longueur de la saison des pluies. Ainsi, la recherche a développé plusieurs variétés adaptées aux différentes zones agroécologiques: (i) la variété Souna-3, de cycle court de 85 à 90 jours, vulgarisée depuis 1972 dans la zone nord du bassin arachidier, à une pluviométrie inférieure à 600 mm (Gupta, 1984; Diouf, 2000); (ii) les variétés BV 8001 et IBV 8004 qui présentent un raccourcissement de cycle végétatif de 10 à 20 jours (75 à 80 jours) et une meilleure résistance au mildiou (Touré, 2012); (iii) et d'autres variétés homologuées par l'ISRA (Thialack 2, ISMI-95-07, ISMI-95-08 et Gawane), recommandées dans la zone nord du bassin. En 2018, l'ISRA a homologué des variétés hybrides, moins exigeantes en eau, et plus riches en micronutriments (fer, zinc). Ces nouvelles variétés se différencient des variétés traditionnelles qui nécessitent beaucoup d'eau et disposent d'un cycle de maturation plus long. Elles ont aussi la spécificité d'être trois fois plus riches en micronutriments (fer, zinc, etc.) et sont plus facilement adaptées au processus de transformation et à la réalisation de produits finis.

## Sélection et développement de variétés de riz (*Oryza sativa*) adaptées

Le riz irrigué, majoritairement cultivé dans la vallée du fleuve Sénégal et dans le bassin de l'Anambé (Casamance) est vulnérable aux fluctuations des températures, qui peuvent être souvent source de stérilité (Lafarge, 2015; Dingkuhn, 1992). Selon van Oort et Zwart (2018), la période de culture du riz irrigué de contre-saison dans la région du Sahel a atteint le seuil critique de 37 degrés Celsius. Les températures trop élevées et/ou très basses, en-dessous et au-dessus des limites critiques (inférieures à 25 et supérieures à 31 degrés), peuvent influencer le rendement en grain en affectant le tallage, la formation des épillets et la maturation (Chaudhary *et al.*, 2003). Plusieurs recherches sur l'adaptation des processus de la floraison à la chaleur dans le but de maintenir les rendements ont été réalisées (Lafarge *et al.*, 2013; Baldé *et al.*, 2014).

Ainsi, différentes variétés de riz irrigué adaptées au climat sahélien ont été développées: (i) les variétés Sahel 108 de courte durée (IR 13240-108-2-2-3, une ligne IRRI) et les variétés Sahel 201 de moyenne durée (BW 293-2) qui sont maintenant largement cultivées au Sénégal.

Pour le riz pluvial, le Centre africain pour le riz (AfricaRice) a développé une famille de riz hybride connu sous le nom de «NERICA (Nouveau riz pour l'Afrique)» obtenu à partir du croisement d'une variété africaine et d'une variété asiatique (Futakuchi et Sié, 2009; Africarice, 2010). Les «NERICA» s'adaptent bien aux conditions de faible niveau d'intrants des zones rizicoles pluviales du Sénégal et de l'Afrique sub-saharienne (cycle entre 90-100 jours). Deux types de variétés NERICA ont été développés: les NERICA de plateau<sup>5</sup> et les NERICA de bas-fonds (NERICA-L), adaptés aux bas-fonds pluviaux et irrigués. L'ISRA a également homologué en 2018 (voir [tableau 2](#)) de nouvelles variétés résistantes à la sécheresse (Isriz, 1 et 2), tolérantes à la salinité (Isriz 10 et 11) et aux basses températures (Isriz 13 et 14). D'autres variétés (WAS 73-B-B-B-231-4 et IRRI) sont tolérantes à la salinité et donc adaptées à la fois aux bas-fonds irrigués salins et aux agroécosystèmes de mangrove et marécageux (AfricaRice, 2018).

## Sélection et développement de variétés de niébé adaptées

Le niébé (*Vigna unguiculata*) est une légumineuse à graines qui prospère dans les climats chauds avec des précipitations annuelles de 750 à 1000 millimètres. Cependant, la diminution de la longueur de la saison des pluies,

<sup>5</sup> Données disponibles sur le site web de Africa-Rice.

et la récurrence de la sécheresse depuis les années 1970, affectent la culture et montrent de plus en plus la nécessité d'avoir des variétés à maturation précoce pour les courtes saisons de pluies (Halime *et al.*, 2014). En effet, le déficit hydrique durant les étapes de floraison et de remplissage des gousses entraîne souvent une réduction des rendements de plus de 60 pour cent (Hall, 2004). Les fortes précipitations affectent également négativement la culture en raison de l'engorgement et de l'augmentation de l'incidence des maladies. Ainsi, la recherche a accordé une grande priorité aux problèmes de résistance à la sécheresse permettant une réduction du cycle végétatif, la tolérance aux différents déprédateurs et la résistance aux maladies. Les nouvelles variétés adaptées sont la 58–57 et Bambey 21, Baye Ngagne, Mougne, Mouride, la Mélakh (45 jours est la variété la plus cultivée), Djongama, Ndiambour, et Yacine.

## Connaissances sur l'adaptation des pratiques culturelles

Les connaissances et les technologies développées et/ou utilisées sur l'adaptation des systèmes de cultures aux changements climatiques reposent principalement sur trois volets (selon l'enquête SAGA 2020): (i) la gestion et l'optimisation de l'usage des intrants (utilisation des amendements organiques, fertilisation localisée des cultures, gestion intégrée des ravageurs); (ii) la gestion et la planification des cultures (diversification, rotation et/ou association culturelle); (iii) et les techniques d'irrigation goutte à goutte.

### Gestion et optimisation de l'usage des intrants

#### 1. Gestion des amendements organiques des cultures

L'importance des matières organiques des sols (MOS) sur la productivité agricole et sur la lutte contre les changements climatiques n'est plus à démontrer. Elles participent à la fertilité des sols (Lal, 2004), à la nutrition minérale des plantes, au maintien de la biodiversité agricole (Reboud, 2019), à l'adaptation aux changements climatiques et l'atténuation de ses effets (Hamon, 1972; Ganry et Cissé, 1994; Ndour, 2002; FAO, 2017). Les MOS représentent globalement un réservoir contenant trois fois plus de carbone que les parties aériennes de la végétation, et toute modification de l'usage des terres, et/ou de l'itinéraire technique des cultures, peut induire des variations du stockage du carbone dans les sols (Bernoux *et al.*, 2006; Bernoux *et al.*, 2013). Elles améliorent les propriétés physico-chimiques et biologiques et par conséquent la productivité des sols tropicaux (Manlay *et al.*, 2017; Ndour, 2002).

L'amélioration des rendements agricoles, et donc de la résilience des exploitations, passe entre autres par l'accroissement et le maintien d'un bon niveau de fertilité des sols. Une bonne gestion des intrants à la source est le point de départ de l'adaptation des pratiques de fertilisation aux changements climatiques (Ganry et Thiurés, 1998). Les recherches sur les MOS du Sénégal ont concerné la fabrication du compost, la gestion du fumier, le paillage et la valorisation des résidus de culture (Badiane *et al.*, 2000). Les solutions de gestion des amendements organiques proposées et/ou utilisées dépendent de la disponibilité des résidus organiques et des techniques ou technologies en place. De plus, elles sont étroitement liées aux conditions agroécologiques et aux réalités socio-économiques.

#### LE COMPOSTAGE

Le compostage permet de valoriser des sous-produits agricoles pour augmenter la teneur en carbone stockée dans les sols. Deux types de compostage ont été testés et sont utilisés par les productrices et producteurs.

- Le compostage aérobie et semi-aérobie: le compostage est réalisé sous forme de tas ou dans des fosses, et permet ainsi de valoriser les matières organiques (sous-produits de l'élevage, litières végétales et résidus de culture, déchets organiques d'origine ménagère, etc.) en un produit stabilisé (compost). Les matières végétales disponibles et qui sont les plus utilisées pour le compostage aérobie sont les pailles de riz, la coque d'arachide et la bagasse de canne à sucre (Sarr et Ganry, 1985). Le fumier issu des écuries ou les mélanges de fumier et de litière peuvent être compostés en tas sans autre ajout, alors que le fumier sans litière provenant des étables



de bovins, de porcs et de volailles nécessite des amendements supplémentaires. Pour le compostage en fosse<sup>6</sup> (Ganry et Guèye, 1991), tous les déchets organiques disponibles sur l'exploitation agricole, tels que les litières des arbres, les émondes, les restes de balle et de fourrage, peuvent être utilisés. Les déchets verts, qui sont tendres et humides, peuvent être séchés pendant deux ou trois jours afin que le surplus d'humidité puisse être éliminé préalablement à l'empilement. Les déchets d'animaux, les cendres et les excréments d'urine sont également ajoutés à la fosse. Ce type de compostage est vulgarisé au niveau national par les services comme l'INP, l'ANCAR, mais également par les ONGs comme ENDA, etc.

- Le compostage anaérobie: le compostage anaérobie ou compostage méthanogène en fermenteur ou biogaz (Farinet *et al.*, 1985) a été testé pendant les années 1980 au Centre national de recherches agronomiques de Bambey, dans le but d'améliorer les modalités de valorisation des digestats en engrais et fournir de l'énergie domestique aux ménages (Rusch et Sarr, 1986). Le digestat issu de la fermentation des produits peut être utilisé brut ou composté.

### Encadré 1. Programme national sur le biogaz (PNB-Sénégal)

La technologie du biogaz est actuellement diffusée à travers le Programme national de biogaz domestique du Sénégal (PNB-SN). Initié en 2009, le PNB-SN<sup>7</sup> a pour objectif d'améliorer l'accès à l'énergie domestique pour les ménages, et l'accès aux engrais organiques, pour les productrices et producteurs, grâce à la valorisation des digestats (journal officiel, 2010). Le programme a permis ainsi de disposer de 10 tonnes d'effluents organiques issues des bio-digesteurs tous les 6 mois (Semis, 2013). Le digestat, dont la qualité est presque équivalente à celle du compost, est utilisé pour l'amendement des cultures maraîchères: (i) teneurs en azote (1,6 pour cent en moyenne contre 1 pour cent pour le compost); (ii) teneurs en phosphore 1,55 pour cent en moyenne contre 0,6 pour cent pour le compost); (iii) teneur en potassium (1 pour cent en moyenne, contre 1,2 pour cent pour le compost) (Semis, 2013).

Plusieurs organisations et initiatives ont accompagné le PNB et participé à la vulgarisation des biodigesteurs dont World Vision, l'ONG CARITAS, le Programme national développement local (PNDL), l'ANCAR, le Projet de gestion durable et participative des énergies traditionnelles et de substitution (PROGEDE II) et le Projet de promotion des microentreprises rurales (PROMER).

Ce modèle de développement intégrant l'agriculture et l'élevage permet de générer de multiples bénéfices pour les populations rurales, mais également pour l'environnement et la lutte contre les changements climatiques. Des recherches d'accompagnement sont également réalisées sur la diversification des substrats (déjections d'animaux, débris végétaux et plantes aquatiques comme la salade d'eau douce et le typha) afin d'améliorer l'accessibilité de la technologie aux petit(e)s productrices et producteurs.

## GESTION ET VALORISATION DU FUMIER

La recherche a montré l'importance du fumier sur la résilience à la sécheresse des cultures de mil, même sévère (Ganry et Cissé, 1994). Sur mil Sanio (mil tardif, à cycle long) l'apport de fumier seul permet de compenser

<sup>6</sup> Fiche technique disponible au niveau du Centre national de recherche agronomique de l'ISRA.

<sup>7</sup> Arrêté ministériel n° 12100 en date du 30 décembre 2009 portant création, organisation et fonctionnement du Programme National de Biogaz domestique du Sénégal (PNB-SN).

en partie l'effet néfaste du retard du semis (pouvant être lié au démarrage tardif de la saison des pluies), en fournissant un substrat supplémentaire aux microorganismes du sol (Hamon, 1972). En effet, les premières pluies sont suivies d'une augmentation de l'activité microbienne (Ndour, 2002) qui se traduit par un pic de minéralisation dont seul le semis précoce profite. L'apport de fumier vient compléter à cela en fournissant un substrat supplémentaire aux microorganismes (Hamon, 1972). L'intégration de l'agriculture et de l'élevage observée dans les systèmes agraires en milieu Sereer permettait une bonne valorisation du fumier (Ganry *et al.*, 1990). Le fumier est géré et utilisé selon différents formats:

- il peut être préparé à travers la stabulation des bovins dans la concession ou par le parcage nocturne dans des aires de parcourt. Les bouses, les terres de parc ou poudrette obtenus sont appliqués dans les champs (Ganry et Badiane, 1998). La présence de sable est souvent notée dans ce fumier réduisant la qualité agronomique de ce dernier (Hamon, 1972);
- il peut être appliqué directement par le parcage nocturne au champ (pendant la saison sèche). Les déjections et les urines sont déposées là où les animaux sont attachés (De Rouw *et al.*, 1999; Ganry et Badiane, 1998). Les temps de séjour concernés sont couramment de 14 heures par jour (Landais et Lhoste, 1993). Cependant la longue exposition au soleil des bouses entraîne souvent la perte en éléments nutritifs (une bouse de vache exposée pendant 45 jours dans un champ, est dégradée et perd respectivement 40, 62 et 57 pour cent de son contenu initial en Azote, Phosphore et Potassium); et
- le fumier d'étable composté.

Pour lever ces contraintes, la recherche préconise la couverture du tas de fumier par bâches au moment de son stockage et l'utilisation des étables fumières pour réduire les pertes en azote (Sagna-Cabral, 1988).

## **Encadré 2.** Promotion des étables fumières par la Société de développement des fibres textiles du Sénégal (SODEFITEX)

La SODEFITEX a initié en 1985 la promotion des étables fumières dans le but de produire plus de fumier pour lutter contre l'appauvrissement des sols dans la zone cotonnière (Fall et Faye, 1989). Celle-ci est située dans le sud et l'est du Sénégal et concentre l'essentiel de la production nationale de coton. La technologie repose sur la mise en place d'un habitat et d'un système alimentaire amélioré, et d'une couverture sanitaire adéquate, favorisant la production d'un fumier de bonne qualité (Ly *et al.*, 1997). L'étable fumière comporte un toit en chaume qui surplombe une fosse d'environ 50 cm où séjournent les animaux de trait.

Cela permet de réunir les déjections animales et la litière formée de résidus de céréales ou de foin de brousse. Le fumier n'est pas arrosé mais son humidification provient essentiellement des urines des animaux. Ce type de stabulation est réalisé en saison sèche (janvier à juin) et les animaux de trait y sont privilégiés pour leur assurer une bonne alimentation en vue de les préparer pour les prochains travaux agricoles (Ly *et al.*, 1997).

Par ailleurs, en stabulation entravée, les bovins pesant en moyenne 400 kg de poids vif, nourris à base de fane d'arachide (10 kg/jour) ou avec du foin de brousse et supplémentés avec 3 kg de mil les jours pendant lesquels ils travaillent, produisent en moyenne 12 à 25 kg de fumier (fèces + litière à 57 pour cent d'humidité) par jour selon le nombre d'heures de stabulation (0.81 à 1.04 kg de fumier par heure de stabulation). En stabulation libre, les animaux produisent 9 à 17 kg de fumier par jour à 14 pour cent d'humidité par jour (Hamon, 1968).



## 2. Pratiques de fertilisation organique des cultures

Le mode d'épandage en surface des amendements organiques est le plus pratiqué au Sénégal. Cependant la qualité des sols couplée à la forte variabilité et l'intensité des événements pluviométriques réduisent l'efficacité de l'épandage en surface de la matière organique. Pour pallier ces contraintes, les recommandations sur les modes d'application des amendements organiques préconisent l'enfouissement afin de réduire les pertes en azote et la forte minéralisation de la matière organique. Le travail du sol avec incorporation de fumier apporte une plus-value de rendement de 45 pour cent sur le mil, même sans apport d'azote minéral (Ganry et Guiraud, 1979).

Pour les systèmes de rotation céréales/légumineuses (mil-arachide, maïs arachide), une stratégie d'économie de l'azote (Ganry, 1990; Ganry et Badiane, 1991; Ganry et Guèye, 1991) a été proposée, en localisant l'engrais azoté sur la céréale et en accroissant l'offre en azote du sol par une gestion raisonnée de la matière organique. L'apport localisé de l'urée permet ainsi de réduire fortement les pertes et de n'effectuer qu'un seul apport au lieu de deux.

Des travaux sur le placement profond de l'urée (UDP) menés par l'ISRA et l'IFDC ont donné également des résultats intéressants sur la réduction des pertes d'azote dans les rizières (Ndiaye et Fall, 2017). Un à trois grammes d'urée super granulés ou de briquettes sont enfouis à une profondeur de sept à dix centimètres du sol, sept jours après le repiquage du riz. La pratique permet de réaliser des gains de rendements de l'ordre de 15 à 25 pour cent tout en réduisant le nombre d'application (de trois à un) et la quantité d'urée par hectare jusqu'à quarante pour cent (Ndiaye, 2009). Ces techniques permettent d'optimiser l'usage des engrais mais aussi de contribuer à la réduction des émissions dans l'atmosphère du protoxyde d'azote (oxyde nitreux) dont le pouvoir réchauffant est 298 fois supérieur à celui du dioxyde de carbone (GIEC, 2007). La technologie UDP est actuellement vulgarisée par la SAED dans la vallée du fleuve Sénégal pour la culture du riz. L'intégration de ces connaissances dans des outils de prédiction de la fertilité, à travers des modèles, permettra de mieux ajuster les pratiques culturales.

## 3. Outil de gestion des cultures du riz (RiceAdvice)

Les outils de modélisation sont de plus en plus développés pour adapter et améliorer la gestion des cultures. Par exemple, le centre africain pour le riz (AfricaRice, 2016) a mis en place une application mobile gratuite, «RiceAdvice (rendement cible, gestion des éléments nutritifs et calendrier des cultures)», qui fournit des conseils spécifiques à la ferme sur les pratiques de gestion de la culture du riz. RiceAdvice a été testé dans 13 pays d'Afrique subsaharienne: Bénin, Burkina Faso, Ghana, Mali, Niger, Madagascar, Mauritanie, Nigéria, Rwanda, Sénégal, Sierra Leone, Tanzanie et Togo. C'est un outil interactif qui génère des recommandations basées sur les réponses des productrices et producteurs concernant: l'emplacement de leur champ; la saison de culture; l'environnement de culture du riz; le niveau d'alimentation en eau pour le riz irrigué; les pratiques de gestion des cultures; la variété de riz utilisée; le rendement moyen du riz; le type de rotation culturale; les engrais que les agriculteurs ont déjà en leur possession; la liste des engrais disponibles sur le marché local et leur prix; le prix du paddy, etc.

L'application fournit, à partir de ces réponses, des recommandations concernant: (i) le meilleur choix de fertilisation en fonction des exigences du sol et du prix des engrais; (ii) la quantité de fertilisants à appliquer; (iii) le bon moment pour l'appliquer, etc. À l'aide de l'application, les agriculteurs peuvent également sélectionner leur propre niveau de rendement cible en fonction de leur budget.

L'application peut être utilisée par les productrices et producteurs, les vulgarisateurs, le secteur privé du riz et les agences de développement. RiceAdvice ne nécessite pas de connexion Internet pour générer les directives. Toutefois, une connexion active est nécessaire de temps en temps pour être en mesure de synchroniser les informations avec le serveur de base de données et pour mettre à jour l'application.

## Gestion et planification des cultures

### 1. Rotation et/ou association culturale

Les connaissances développées sur la rotation culturale, en particulier pour les cultures de céréales et de légumineuses, montrent de nombreux bénéfices liés au transfert de fertilité aux avantages sur les effets des insectes nuisibles, la santé des sols et la résistance aux maladies, et donc sur la résilience de la production agricole.

Dans la zone du bassin arachidier, le mil est souvent cultivé en rotation avec l'arachide dans les champs de brousse, soit en culture associée avec le niébé dans le centre-nord (Pochier, 1975). Les rotations culturales les plus réalisées sont «mil-arachide» sur sol sableux; et «mil-arachide-sorgho arachide» sur sol argileux. La rotation mil-niébé montre des avantages sur les deux cultures: le précédent mil permet de limiter les champignons responsables de la fonte des semis chez le niébé, alors que le niébé inhibe la germination du *Striga hermonthica* (plante parasite du mil et du sorgho qui ne s'attaque pas au niébé) (Cissé *et al.*, 2005).

L'association (niébé/mil; niébé/maïs) a pour objectif premier de pouvoir compenser les déficits céréaliers constatés au milieu de la saison hivernale. En effet, le niébé qui a un cycle plus court arrive rapidement à maturité (Cissé *et al.*, 2005). Bien avant la maturité des grains, les feuilles sont d'abord utilisées pour la préparation de sauces et d'autres mets. En plus de la compensation alimentaire, l'association de cultures permet l'exploitation maximale de l'espace à cultiver. C'est pourquoi le niébé est semé dans les intervalles laissés entre les pieds de mil ou de sorgho.

Les associations de cultures sont également réalisées sur l'arachide. Les associations arachide-niébé-oseille de Guinée (bissap en langue local wolof) sont systématiques sur les parcelles de femmes (Garin *et al.*, 1999) qui veulent couvrir une part de la consommation des ménages et diversifier leurs sources de revenus (ventes sur les marchés locaux de bissap à partir des fleurs de l'oseille de Guinée).

Cependant, pour assurer la reproductibilité de ces systèmes (rotation continue arachide-céréale, mil ou maïs), il faut maintenir un bon niveau de matière organique dans le sol. Ainsi, des recommandations ont été proposées par la recherche pour la gestion et l'amélioration des pratiques de rotation culturales:

- un apport de fumier de 10 t/ha est recommandé pour réduire l'effet allélopathique du précédent sorgho sur l'arachide (Burgos-Leon *et al.*, 1980);
- l'enfouissement de faibles doses de MO, de 1,5 à 3 t/ha sur la culture du mil (rotation mil-arachide), permet de réaliser une économie d'engrais minéral, dont le bénéfice se fait sentir jusqu'à 3 ans après l'épandage (IRHO, 1992);
- l'apport de la fumure organique sur la céréale (rotation céréale-arachide) et l'épandage de la fumure minérale sur l'arachide cultivée en rotation permet de réduire significativement les pertes par lixiviation en azote, potassium et calcium (Cissé, 1986).

### 2. Diversification des cultures

Les cultures de diversification, telles que le niébé, le manioc, la pastèque ou le sésame, prennent de plus en plus d'importance dans les exploitations familiales car elles sont autoconsommées et représentent aussi des sources de revenus (Sall, 2015). L'avantage de ces cultures est qu'elles peuvent être disponibles avant les cultures de rente (e.g. pastèque) ou durant la saison sèche (e.g. manioc) et permettent aux productrices et producteurs de disposer de ressources financières assez conséquentes.

La culture du fonio, une céréale à petits grains cultivée dans la zone sud et à l'est du Sénégal est en train également d'être promue pour la diversification des systèmes de cultures céréaliers.



Les pratiques agroécologiques accordent également une attention particulière à la conception de systèmes diversifiés qui promeuvent l'intégration de cultures maraîchères et d'arboriculture/plantation forestières (voir encadré sur les villages climato-intelligents (VIC); et l'encadré sur le jardin intégré de résilience (JIR)).

### 3. Gestion intégrée des ravageurs et maladies

Le changement climatique est considéré comme l'un des principaux facteurs susceptibles de faciliter l'introduction et la propagation de ravageurs des végétaux, impactant fortement les rendements agricoles. La gestion intégrée des ravageurs et maladies est une stratégie d'adaptation qui permet de réduire l'usage des produits chimiques, d'améliorer l'agrobiodiversité et la conservation des ressources naturelles. Les connaissances développées par la recherche préconisent pour la plupart l'utilisation de variétés résistantes et tolérantes aux maladies et ravageurs, et la lutte intégrée.

Pour le mil, les variétés les plus performantes pour leur tolérance aux maladies sont IBV-8001, Souna-3, et ICMS-7819. Pour lutter contre l'ennemi naturel de la culture, *Heliocheilus albipunctella* (papillon appelé teigne mineuse du mil), des lâchers de *Bracon hebetor* (guêpe minuscule) sont souvent très efficaces dans certaines conditions (Bhatnagar, 1986; Bal, 1986).

Pour le niébé, la variété «Mouride» est résistante au bruche, au striga, au chancre bactérien et à la virose (Cissé *et al.*, 1995). La variété «Mélakh» est résistante aux pucerons, à la virose au chancre bactérien et partiellement aux thrips (Cissé *et al.*, 1997). Une lutte intégrée, à travers l'utilisation de trois plantes (*Cassia occidentalis L.*, *Securidaca longepedunculata* et *Boscia senegalensis*) à effet insecticide se sont avérées prometteuses pour la conservation du niébé (Cissé *et al.*, 2005). L'huile extraite des graines de *C. occidentalis* présente des effets ovicides et larvicides. La poudre de feuilles de *S. longepedunculata*, à la concentration de 5 à 10 pour cent (P/P), réduit voire inhibe l'émergence d'une nouvelle génération de *C. maculatus*. L'écorce de racines de *S. longepedunculata*, les feuilles fraîches broyées et les fruits frais broyés de *Boscia senegalensis* ont un effet fumigeant sur le bruche du niébé (Seck *et al.*, 1996).

Pour le sorgho, la résistance variétale est mise en avant, à travers l'utilisation de variétés photosensibles pour limiter les attaques de moisissures par le calage de leur cycle à la fin de l'hivernage.

### Encadré 3. Programme de gestion intégrée de la production et des déprédateurs (GIPD)

La FAO a mis en place à partir de 2001 le programme GIPD au Sénégal. Le programme a permis de former les agriculteurs et agricultrices sur la gestion des pesticides à travers des champs-écoles paysans (CEP). Il a également permis de les sensibiliser sur les risques sanitaires associés aux pesticides et de les encourager à réduire leur utilisation en faveur d'une gestion intégrée et écologique des ravageurs.

La GIPD repose sur les principes suivants: (i) promouvoir des systèmes de culture sains en utilisant les bonnes variétés, les bonnes semences et les pratiques culturales adéquates; (ii) observer régulièrement son champ et décider d'une intervention appropriée pour corriger des problèmes liés à l'eau, au sol, à la fertilisation, aux ravageurs et aux mauvaises herbes; (iii) et préserver les ennemis naturels par la protection de leurs habitats.



Photo 1 - Activités du zoo à insectes dans le cadre de la formation des facilitatrices du champ-école sensible au genre (CEP-G).

À travers le projet SAGA, les ONG Mer et monde et Carrefour International ont travaillé avec le réseau des formateurs et formatrices en CEP dans l'adaptation aux changements climatiques, respectivement au niveau de la commune de Pambal (région de Thiès) et de Nioro (région de Kaolack). Les groupements de femmes, de Pandienou, Dougane et Terrokh, et celles de APROFES ont été ainsi formés à l'identification des contraintes rencontrées sur les parcelles de culture et la prise de décisions appropriées basées sur l'observation, l'analyse et l'évaluation de leurs pratiques culturales. Les participantes ont ainsi été formées sur le contrôle non toxique des ravageurs pour améliorer la production agricole à travers le zoo à insectes (permet d'identifier des insectes et de se familiariser leur cycle développement).



## Prévisions climatiques et gestion des risques sur les cultures

Dans ce chapitre, nous aborderons uniquement les connaissances développées et utilisées au Sénégal concernant la gestion des risques climatiques sur la production agricole, car les connaissances sur le climat ont été largement abordées par les publications faites par le PAS-PNA (Noblet *et al.*, 2018). L'une des contraintes majeures que rencontrent les productrices et producteurs du Sénégal est relative à la variabilité pluviométrique, aux risques d'inondations et aux vents violents occasionnant souvent des risques sur la production agricole.

### Prévisions climatiques

Des connaissances ont été développées pour la prévision des risques et aléas pluviométriques (faux départ de la saison, pauses pluviométriques, réduction de la longueur de la saison, inondation) sur les cultures. Ces connaissances sont accessibles à partir des portails suivants plusieurs plateformes:

- un géoportail sur le changement climatique permet de réaliser des simulations climatiques. Il a été développé par l'ANACIM et l'IRD, avec l'appui de l'Agence française de développement (AFD), du Centre de suivi écologique (CSE), du Centre national de recherches scientifiques (CNRS) et du projet sur l'Analyse multidisciplinaire de la mousson africaine 2050 (AMMA - 2050). La plateforme met à la disposition des utilisateurs et utilisatrices des informations thématiques d'aide à la décision (dans le domaine de l'agriculture, des ressources en eaux, etc.). La version actuelle du portail fournit des informations agro-climatiques sur la base de scénarios climatiques. Les tendances climatiques futures sont produites et disponibles également sur le site web de l'ANACIM (ANACIM, 2021);
- au niveau local, dans la commune de Nioro dans la région de Kaolack, des données de projections sont disponibles grâce au projet «Agricultural model intercomparison improvement project» (AGMIP, 2021) sur la modélisation des cultures et la modélisation économique.

Des plateformes existent également au niveau sous-régional:

- le Centre régional d'agro-hydro-météorologie (AGRYMETH, 2021) produit et diffuse régulièrement: (i) des bulletins de diagnostics et sur l'état du climat, des références et des indices climatologiques (prévisions saisonnières, suivi de la campagne agricole, cadre harmonisé, alerte, etc.); (ii) des cartes mensuelles pour divers paramètres climatiques tels que les précipitations, les températures (moyennes, maxi et mini), sur l'Afrique de l'ouest et le Sahel;
- le West African science service centre on climate change and adapted land use (WASCAL) a également mis en place un centre de données «WASCAL data infrastructure» (WADI, 2021) pour permettre la collecte, le stockage, le partage et la diffusion des données de recherche primaires et secondaires relatives à l'environnement et aux changements climatiques;
- le système d'information africain sur les pertes post-récolte (APHLIS, 2021), qui est une initiative internationale, représente également une plateforme spécialisée dans la collection, l'analyse et la diffusion des données sur les pertes post-récolte des cultures céréalières en Afrique subsaharienne.

### Utilisation de l'information climatique et gestion des calendriers cultureux

La gestion des calendriers cultureux permet de minimiser l'impact de la variabilité pluviométrique (faux départ de la saison, pauses, averses orageuses) sur les opérations culturelles et l'usage des intrants. L'accroissement de la variabilité pluviométrique au cours de ces dernières décennies au Sénégal oblige parfois les productrices et producteurs à procéder à deux ou trois ré-semis à cause des faux départs de la saison, occasionnant ainsi des pertes en semences (Ndiaye *et al.*, 2013). La prévision des précipitations saisonnières peut aider les agriculteurs et agricultrices à s'adapter et à améliorer leur résilience face aux chocs climatiques (CCAFS, 2013). Ainsi, l'ANACIM a initié à partir de 2011 l'intégration de l'information climatique dans les opérations culturelles. Quatre types d'information climatique sont produites et forment la base des conseils fournis aux productrices et producteurs pour les aider à faire face aux incertitudes liées à la variabilité pluviométrique (Lo et Dieng,

2015): (i) les prévisions saisonnières qui indiquent la configuration globale de la saison des pluies qui sont traduites en conseil agricole par le groupe de travail multidisciplinaire (GTM);<sup>8</sup> (ii) les prévisions décadaires (10 jours) qui permettent d'identifier les pauses pluviométriques et autres anomalies dans la répartition des précipitations au niveau du pays; (iii) les prévisions quotidiennes; (iv) et les prévisions instantanées concernant les événements extrêmes (averses de pluies hors-saison, les vents violents, et surtout la foudre). Les prévisions saisonnières sont analysées pour une meilleure planification des activités agricoles en général, et permettent d'améliorer la capacité des actrices et acteurs à anticiper la variabilité climatique (Ndiaye *et al.*, 2013; CCAFS, 2013). Un bulletin agro-météorologique décadaire est produit et mis à la disposition des actrices et acteurs de même qu'un bulletin climatologique mensuel sur le site de l'ANACIM. Ces bulletins renseignent respectivement sur la situation pluviométrique, la situation hydrologique et la situation agricole du Sénégal.

#### Encadré 4. Expérience du Village de Sikilo dans l'utilisation de l'information climatique (CCAFS, 2015b)

L'utilisation de l'information climatique a été introduite à partir de 2011 dans le village de Sikilo, situé dans le département de Kaffrine. À partir des prévisions saisonnières, l'information climatique est transmise par l'ANACIM et est relayée par le Groupe de travail pluridisciplinaire (GTP) de Kaffrine aux productrices et producteurs. Le Système d'alerte précoce (SAP) mis en place permet d'allier des approches scientifiques et des pratiques endogènes, et de donner des conseils aux productrices et producteurs concernant le choix des variétés et des spéculations, la date de semis et le calendrier des opérations culturales. L'expérience permet une bonne planification des opérations de semis à la date optimale, des opérations de sarclage et de traitement phytosanitaire à temps opportun. Une optimisation de l'usage des engrais chimiques est notée grâce à la réduction des pertes liées au lessivage. L'expérience montre qu'il faut un bon système de communication et de transmission de l'information (radio communautaire). Pour cela un investissement humain et financier dans la communication pour le partage et la vulgarisation de l'information climatique est indispensable. Les contraintes soulignées par les services techniques sont liées également au décodage de l'information par les productrices et producteurs, et la transmission à temps des prévisions.



Photo 2 – Mariama Keita du village de Sikilo sur le site d'essai des services climatologiques.

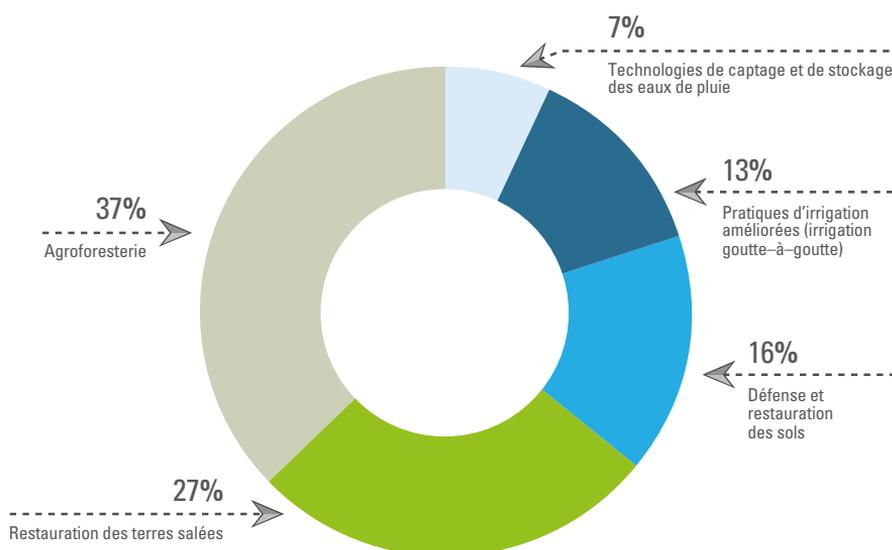
<sup>8</sup> Le GTM national est composé du Ministère de l'Agriculture, de l'Institut de recherche agricole du Sénégal (ISRA), du Centre de suivi écologique (CSE), de l'Agence nationale de conseil agricole et rural (ANCAR), de la Société nationale d'assurance agricole du Sénégal (CNAAS), et de l'ANACIM.



## Gestion des ressources

Quatre-vingt pour cent des répondants(e)s au questionnaire affirment avoir développé ou utilisé les connaissances scientifiques sur la gestion des ressources naturelles à travers: (i) la restauration des terres salées; (ii) les technologies de conservation des sols; (iii) et les technologies agroforestières [régénération naturelle assistée (RNA), cultures en couloir, etc.] à la fois pour la conservation et la restauration des sols. Cependant, seul sept pour cent affirment avoir développé ou utilisé les technologies de captage et de stockage des eaux de pluie, et treize pour cent les technologies de gestion de l'eau à travers l'irrigation goutte-à-goutte et le garnissage des canaux de bâches en plastique pour limiter l'évaporation.

Figure 5. Principales connaissances recensées sur la gestion des ressources naturelles



Source: FAO

## Technologies de conservation des sols

L'action du déficit pluviométrique et des changements climatiques sur la fragilisation des couverts végétaux, alliée aux pratiques anthropiques liées au surpâturage, au défrichement, et aux mauvaises pratiques culturales, ont entraîné un déséquilibre des agrosystèmes, surtout dans la zone du bassin arachidier (Diatta, 1994). Parmi les phénomènes de dégradation du milieu sous l'effet conjugué de ces facteurs, l'intensification de l'érosion est l'une des plus frappantes. Le plus fréquemment, elle résulte de pluies intenses ou de vents violents sur des sols nus à faible stabilité structurale, ou de crues brutales de cours d'eau dont les berges sont déboisées. L'intensité des pluies qui prennent l'allure de «trombes» d'eau pouvant atteindre fréquemment 100, 150mm/h, entraîne des ruissellements importants.

La recherche a proposé des techniques de conservation des sols pour lutter contre l'érosion hydrique. Deux types de dispositifs sont proposés (Ruelle *et al.*, 1990):

- les cordons de pierres constitués de blocs de cuirasse. Les pratiques d'aménagement des cordons pierreux, des mises en défens sont parmi les plus couramment utilisées dans la lutte antiérosive (Ruelle *et al.*, 1990); et
- les haies vives seules ou associées à des herbacées, sous forme de lignes d'arrêt. Rappelons que pour renforcer l'efficacité de la haie, il pourra être nécessaire de l'associer à des cordons de pierres ou à des graminées pour

former une ligne d'arrêt. Les haies doivent s'intégrer au système de culture des paysans, cela implique que la haie puisse fournir une contribution par une production intéressante pour les paysans. Elle peut concerner: le fourrage, en saison sèche; la production de bois de feu, bois de service (piquets, perches pour les cases, brancards, etc); des produits pour l'alimentation (feuilles ou fruits pour la cuisine, la consommation) ou la pharmacopée. Les espèces testées et préconisées sont: *Acacia nilotica andosonii*, *Bauhinia rufescens*, *Piliostigma reticulatum*, *Ziziphus mauritania*.

Ces techniques permettent: (i) d'améliorer la structure des horizons de surfaces et favoriser ultérieurement la mise en place et le développement de la végétation; (ii) et d'accroître l'infiltration des pluies par un travail du sol, limiter la vitesse de l'eau ruisselant par la rétention d'une certaine lame d'eau et la réduction de la vitesse. Les cordons pierreux contribuent ainsi à une diminution du ruissellement et à une récupération des terres dégradées (les pertes en sols sont réduites de 46 pour cent) (Diatta, 2014).

Au niveau du Sénégal, ces pratiques ont été le plus utilisées par les productrices et producteurs dans la zone du bassin arachidier, notamment avec le soutien de projets de développement: Projet d'organisation et de gestion villageoises (POGV), Projet de gestion durable des terres (GDT-FEM), Projet de gestion et de restauration des terres dégradées du bassin arachidier (PROGERT), etc.

### Encadré 5. Expérience du village de Ndiao Bambaly (Kaffrine, Sénégal)

Le village de Ndiao Bambaly est confronté à une érosion hydrique des terres liée à une intensité du ruissellement. Le village se situe entre deux interfluves, ce qui favorise la récurrence du ruissellement qui cause d'énormes difficultés de mobilité et beaucoup de dégâts matériels et agricoles. Les agriculteurs et agricultrices du village font face à une dégradation de leurs parcelles de culture, un décapage du sol et une baisse de leur productivité. La moitié des cultures étaient perdues à cause des eaux de ruissellement, ce qui n'est plus le cas depuis l'installation des cordons pierreux. En effet, depuis 1993, avec l'appui du projet POGV, les populations du village mettent en œuvre des ouvrages anti érosifs comme les cordons pierreux pour lutter contre l'érosion hydrique et la dégradation des terres. Les premières années de pose des cordons pierreux ont permis déjà d'avoir des résultats probants: «La première année, nous avons pu récupérer 6 000 ha. Les maisons qui étaient situées à l'est du village étaient menacées, mais nous avons pu ralentir l'érosion et maintenant tout se passe bien.» (Citation in DEEC, 2017).



Photo 3 – Cordons pierreux en construction par les femmes.



Tableau 3. Technologies de conservation des sols

Réponses d'adaptation	Contraintes à lever	Niveau de Diffusion	Impact	Facteurs de succès et d'adoption
Cordons pierreux Diguette en cadre	Érosion hydrique et éolienne  Baisse de fertilité des sols	Les cordons pierreux sont les plus utilisés: Bassin arachidier  (Kaolack, Nioro, Kaffrine, Thiès, Tamba)	Récupération des terres dégradées  Augmentation de la fertilité des sols  Protection des champs situés en aval, en diminuant la vitesse de ruissèlement des eaux de pluie et le ravinement	Augmentation des rendements (de 20 à 40 pour cent pour les cordons pierreux) dans le bassin arachidier (Diatta, 2014)
Agriculture de conservation	Dégradation de la fertilité des sols cultivés  Érosion des sols	Bassin arachidier: région de Kaolack, Fatick et Kaffrine	Augmentation des rendements agricoles (500kg/ha à 1500kg/ha)  Amélioration de l'humidité du sol  Réduction de l'usage des engrais chimiques (200 kg/Ha de NPK à 100 kg/ha)	Expérimenté sur la culture de mil par le projet USDA, Wula Nafa (DEEC, 2017);  Amélioration la technologie de la fertilisation localisée (avec l'aide de machines adaptées)
Agroforesterie: régénération naturelle assistée	Déforestation et dégradation des terres	Zone bassin arachidier: Kaffrine, Kaolack, Diourbel, Fatick, Thiès  Zone sylvo-pastorale: Louga.	Réduction de l'érosion hydrique et éolienne et amélioration de la fertilité organique des sols  Restauration de la végétation naturelle herbacée et arborée	Sensibilisation des éleveurs transhumants  Priorisation des espèces ayant un intérêt social et/ou économique ( <i>Faidherbia albida</i> (Kaad); <i>Cordylia pinnatta</i> )
Agroforesterie: Cultures en couloirs; Haies vives; Brise vents	Déforestation, dégradation des terres et baisse de la fertilité	Diourbel, Thiès, Fatick	Fourniture à long terme aux populations les produits forestiers	

### Restauration des terres salées

Les premières recherches développées ont concerné les terres sulfatées acides de la Casamance (Bèye, 1972; Barry, 1986, Barry *et al.*, 1988). Elles ont permis de proposer des stratégies d'aménagement hydro-agricoles à travers la construction de digues anti-sel pour la récupération des rizières. Les digues sont réalisées dans les bas-fonds et vallées soumises à l'intrusion marine, pour freiner la langue salée, et retenir l'eau douce des pluies en vue d'un dessalement des rizières. La pratique permet d'offrir un disponible en eau douce et pallier les poches de sécheresse lors des longues pauses pluviométriques (Wade et Faye, 1995).

D'autres recherches sur la sélection d'essences forestières [Tamaris (*Tamarix spp.*), l'eucalyptus (*Eucalyptus spp.*) et Niaouli (*Melaleuca spp.*)], susceptibles de se développer sur des sols salés, ont été réalisées. Selon Fall (2016), les dix premières années de croissance de ces espèces ont suscité beaucoup d'espoir car les essences utilisées (Tamaris, Eucalyptus, Niaouli) semblaient s'adapter au milieu, mais la forte mortalité apparue par la suite a très fortement minimisé les chances de récupération des sols et pose le problème de la connaissance préalable du niveau de salinité

du milieu d'introduction et du seuil de tolérance des essences utilisées. Les travaux de Fall (2016) préconisent ainsi la combinaison des espèces comme le *Vachellia seyal*, *Prosopis juliflora*, *Tamarix senegalensis* et *Senegalia senegal* avec la fertilisation à base de coques d'arachide. En effet, *S. senegal* et *V. seyal* présentent un taux de survie supérieur à 50 pour cent, dix ans après plantation dans les sols salés de Djilass dans la région de Fatick (cité par Fall, 2016). La coque d'arachide riche en ions calcium permet de contribuer de façon efficiente à la réorganisation de la structure du sol et à l'amélioration de sa fertilité. Une dose de quatre à six tonnes par hectare sur sol argileux et de huit à dix tonnes par hectare sur sol sableux est préconisée.

D'autres méthodes chimiques d'amendement avec du phosphogypse (Ndiaye, 1999), du phosphate naturel (tricalcique de Taïba) ou du chaulage ont été également étudiées (Kane, 1999). L'apport du phosphogypse, riche en calcium permet le remplacement des ions sodium par le calcium dans le complexe du sol. Le chaulage est préconisé pour réduire l'acidité des sols sulfatés acides salés (Bèye 1973; Khouma et Touré, 1982), de mobiliser les sels dans le sol et favoriser ainsi le dessalement localisé des rizières. La dose de 400 kg/ha de phosphogypse tous les trois ans est recommandée. Cependant, certains auteurs alertent sur le contenu en métaux lourds (plomb, cadmium et chrome) à faible concentration dans ce produit, pouvant entraîner une toxicité pour les plantes (Ndiaye, 1999).

Les dernières études (Fall, 2016) préconisent toujours la combinaison de ces différentes technologies de restauration et de valorisation des terres salées comme approche intégrée d'une gestion appropriée de ces terres. Plusieurs projets comme le Projet d'appui à la petite irrigation locale (PAPIL), le Projet de gestion et de restauration des terres dégradées du bassin arachidier (PROGERT) et d'autres programmes de restauration des terres salées ont permis d'appliquer ces connaissances sur le terrain.

## Encadré 6. Expériences de restauration des terres salées dans le bassin arachidier

Plusieurs initiatives, à travers des projets de développement, ont été mises en œuvre pour freiner l'avancée de la salinisation des terres au Sénégal. Des exemples d'expériences pratiques ont été mis en œuvre par plusieurs projets et programmes au niveau du bassin arachidier (PAPIL), et le Programme régional de renforcement de la résilience à l'insécurité alimentaire et nutritionnelle au Sahel (P2RS). Ces expériences ont montré qu'en plus de l'utilisation des connaissances sur les pratiques de restauration, l'engagement communautaire pour la réussite et l'appropriation des ouvrages est nécessaire (DEEC, 2017). Une bonne dynamique organisationnelle à l'échelle communautaire est indispensable pour la gestion durable des aménagements.

Le PAPIL a développé ainsi une approche dite «approche vallée» qui, grâce aux conventions locales et aux organisations paysannes, met en avant une gestion collective et apaisée de l'espace agro-sylvo-pastoral au niveau des vallées aménagées. L'un des facteurs clés de réussite ayant été remonté est relatif à la démarche participative qui met l'accent sur l'apprentissage et la promotion de l'initiative locale. La formation des petites et moyennes entreprises (PME) locales de Bâtiment et des travaux publics (BTP) a permis de consolider leurs expériences dans le domaine de la construction d'ouvrages hydro-agricoles et, même pour certaines, de réaliser de tels ouvrages pour la première fois. Cette organisation des populations autour des sites a permis d'entrevoir une vraie opportunité d'appropriation et de durabilité, permettant de contribuer à une gestion collective et apaisée de l'espace agro-sylvo-pastoral dans les vallées aménagées.



## Pratiques agroforestières

Les pratiques agroforestières les plus utilisées sont: (i) la régénération naturelle assistée (RNA); (ii) les haies vives défensives avec une liste des espèces préconisées dans les différentes zones agroécologiques; (iii) les brises vents adaptés aux différentes zones pour protéger les sols et les plantes contre l'érosion éolienne. Des recherches sur l'utilisation et la gestion de ces arbres en association avec les cultures et leurs contributions à l'adaptation/atténuation des changements climatiques ont été réalisées par exemple:

- l' *Acacia albida* (Kaad) améliore la fertilité des sols et constitue ainsi une source de carbone du sol (Roupsard *et al.*, 2018), et dont les gousses servent à l'alimentation du bétail (Charreau, 1970; Jung, 1967);
- le *Cordia pinnata* a de multiples vertus. Dans la zone du bassin arachidier, les fruits séchés sont utilisés comme source de protéine dans les sauces en période de soudure. Les racines, les feuilles sont également utilisées par la pharmacopée traditionnelle. Cependant, l'arbre peut avoir un impact dépressif sur le rendement du mil (Samba, 1997), qu'une gestion appropriée de l'arbre (gestion du houppier pendant la saison des pluies) permet de minimiser. L'interception de l'eau de pluie dans ce parc représente 22 pour cent des précipitations brutes, ce qui réduit significativement l'alimentation en eau des cultures sous-jacentes si la gestion du houppier n'est pas réalisée (Samba *et al.*, 2001);
- le *Sterculia setigera* joue un rôle économique (gomme karaya), alimentaire et pastoral très important pour les populations rurales dans le bassin arachidier. Toutefois, l'arbre peut avoir également un effet dépressif sur les cultures céréalières si la gestion de l'arbre n'est pas entreprise (Bakhoun *et al.*, 2001). Ces effets sont plus importants sur les céréales, plus exigeantes en lumière que sur l'arachide;
- le *Guiera senegalensis* et le *Piliostigma reticulatum* ont un effet d'ascension hydrique sur les cultures associées du mil et d'amélioration de la fertilité des sols (Kizito *et al.*, 2006, 2012, 2017) et constituent une source de carbone et de nutriments (Dossa *et al.*, 2013; Dick *et al.*, 2015).

Dans le cadre de la mise en œuvre du projet SAGA, l'Université Laval en collaboration avec l'ISRA a également réalisé un recensement de plusieurs projets de recherche et de développement mis en œuvre au Sénégal afin de déterminer la contribution de l'agroforesterie à l'adaptation aux changements climatiques au Sénégal (encadré ci-dessous).

Selon la FAO (2011a), il n'existe pas de pratiques «passe-partout» et idéales pour la restauration et la gestion des ressources naturelles, et il faudrait une combinaison de techniques à adapter suivant le contexte local. Les technologies proposées convergent de plus en plus vers l'utilisation de l'approche paysagère, qui promeut la complémentarité entre les techniques agroforestières, les pratiques de lutte antiérosive et la gestion de la fertilité, à l'échelle de l'exploitation et/ou du paysage.

**Encadré 7.** Bilan et analyse des interventions et expérimentations agroforestières en regard de leur potentiel à contribuer à l'adaptation aux changements climatiques au Sénégal (Richard *et al.*, 2020)

L'analyse de plus de 122 projets agroforestiers menés au Sénégal depuis près de 50 ans, a permis de dégager les principaux bénéfices que les différentes interventions agroforestières sont susceptibles de générer dans un processus d'adaptation aux changements climatiques. Le rapport indique que la restauration des parcs agroforestiers permettrait par exemple de: (i) modérer les températures extrêmes dans les champs, limitant ainsi les stress thermiques sur les cultures, ainsi que les pertes de productivité qui peuvent y être associées; (ii) limiter la pression de certains ravageurs des cultures; (iii) favoriser une gestion plus durable des sols et de mieux faire face aux épisodes de sécheresse.

Cependant, la plupart des projets répertoriés ont été mis en œuvre dans la zone du bassin arachidier (60 pour cent), et qu'il serait nécessaire de tester ces interventions dans d'autres contextes agroécologiques du pays avant de statuer sur leur pertinence dans ces zones. L'étude souligne également la nécessité d'ancrer ces pratiques dans le contexte socioculturel des régions où elles seraient implantées à travers une approche participative, pour une meilleure efficacité et durabilité des interventions agroforestières. Ainsi, de nombreux projets n'ont pas été en mesure d'engendrer des changements durables, faute d'avoir œuvré en partenariat avec les communautés locales et d'avoir implanté des pistes de solutions qui avaient réellement du sens pour ces dernières. L'étude suggère que les grandes orientations régionales en matière d'agroforesterie soient plutôt co-définies au travers d'un processus de consultation des actrices et acteurs locaux dans les zones d'intervention (élus locaux scientifiques et experts nationaux, ainsi que différentes organisations de la société civile).



©G©Yves Thériault

Photo 4 – Parcs à *Acacia albida*.

## Encadré 8. Recherche-action sur les pratiques intégrées d'adaptation aux changements climatiques: cas du village climato-intelligent de Daga Birame (Kaffrine, Sénégal) et sa plateforme d'innovation (Sanogo, *et al.*, 2016; 2019)

Des recherches - actions participatives ont permis, sur la base de la vision du village et de son avenir, de mettre en œuvre un ensemble de pratiques d'adaptation co-identifiées par la communauté, les scientifiques et les services techniques de développement, afin d'atteindre les changements souhaités pour la sécurité alimentaire et la résilience des communautés et des écosystèmes. Ces actions ont été structurées autour de quatre composantes suivant le diagnostic des contraintes du village: (i) la mise en place de services d'information climatologique (SIC); (ii) le développement des pratiques agricoles adaptées aux changements climatiques; (iii) le renforcement de capacités des villageois; et (iv) le renforcement des connaissances sur les changements climatiques et des institutions locales.

L'utilisation des prévisions et informations climatiques a permis aux services de développement (ANCAR, DA, DRDR) d'orienter les opérations culturales et le choix de variétés adaptées et résilientes en fonction des prévisions saisonnières. L'intégration des pratiques agroforestières, s'est faite avec l'appui de l'ISRA et a permis de mettre l'accent sur: (i) l'introduction d'arbres fruitiers et d'espèces fourragères à cycle de production court; (ii) la gestion de la RNA dans les champs; (iii) la gestion concertée des espaces sylvopastoraux inter-villageois; (iv) la plantation de fruitiers forestiers prioritaires dans les concessions; et (v) la diversification des cultures (maïs, maraîchage/pastèque, légumes). Un appui à la création de petites entreprises forestières et agricoles (fruit de baobab, arachide, aviculture, etc.) a permis à la population d'améliorer ses sources de revenus.



© V. Meadu (CCAFS)

Photo 5 – Parcelle Communautaire de domestication: les femmes du village climato-intelligent de Daga Birame et le Dr Sanogo (ISRA), ou agricultrices, agriculteurs et scientifiques testent une gamme d'interventions pour améliorer la résilience et l'adaptation au climat.

## Systemes de collecte des eaux de pluie

Peu de recherches se sont concentrées sur la collecte et la gestion des eaux de pluies au Sénégal. Cependant 5 pour cent des personnes ayant répondu au questionnaire affirment utiliser ces technologies.

Afin de permettre un meilleur accès à l'eau propre pendant la saison sèche, la FAO à travers l'initiative 1 million de citernes, appuie les populations dans l'accès à l'eau. Les systèmes de collecte et de stockage mis en place par le projet permettent de recueillir l'eau pendant la saison des pluies - juin à octobre - pour une utilisation durant la saison sèche - novembre à mai. Le projet accompagne également la mise en place de jardins agroécologiques.

### Encadré 9. Système de captation d'eau de pluie

Dans le cadre du projet SAGA, SUCO et le GRAIM accompagnent six communes du Plateau de Thiès (Diass, Sindia, Tassette, Notto Diobass, Fandène et Chérif Lô) dans la gestion des ressources naturelles sur le plan local. Le projet a permis d'appuyer la fabrication de systèmes de captation d'eau, pour accompagner les groupements de femmes dans le développement de pépinières maraîchères. Les ventes de plants et des produits contribuent à améliorer les revenus et le reboisement du village.



©FAO-Sénégal

Photo 6 – Citerne mise en oeuvre par le projet 1 million de citerne (pouvant récolter 20 m<sup>3</sup> d'eau).



©SUCO/GRAIM

Photo 7 – Système de captation d'eau de pluie permettant l'entretien de pépinières.

# 3. Description des connaissances traditionnelles



Depuis toujours, les productrices et producteurs ont disposé d'un savoir-faire endogène pour maintenir leurs sols fertiles, gérer les phénomènes d'érosion et s'adapter à la sécheresse. En effet, des pratiques traditionnelles telles que la jachère<sup>9</sup>, l'intégration agriculture-élevage, la rotation des cultures, les approches de conservation des sols et des eaux, ainsi que l'usage des arbres dans les champs (parcs agroforestiers) ont longtemps existé. Cependant, il faudra noter que peu de documentations de ces pratiques sont disponibles.

## ADAPTATION DES CULTURES

### Sélection et gestion des semences

Les agriculteurs et agricultrices sénégalais produisent leurs semences depuis plusieurs dizaines d'années, en observant et sélectionnant les meilleurs descendants issus des croisements (AGRIDAPE, 2007). Cette méthode de sélection des semences appelée «sélection massale», se fait par le choix et la conservation des plantes les plus saines, les plus adaptées aux conditions du milieu (type de sol, climat, etc.) et aux besoins de la culture. Il s'agit

<sup>9</sup> Laisser reposer temporairement la terre, après quelques années de culture, pour en reconstituer la fertilité.

d'un mode de conservation *in situ*, à travers la sélection annuelle des meilleures plantes au sein de sa parcelle pour produire les semences de l'année suivante (GRDR, 2019). Ces dernières sont sélectionnées "dans la masse" - d'où le terme de "sélection massale", c'est-à-dire que la sélection est faite à partir d'un matériel végétal issu de la récolte précédente, d'échanges ou d'achats avec le plus souvent d'autres paysans. L'avantage de la sélection massale est qu'elle permet d'exploiter «la variabilité potentielle» et conserver la diversité génétique (Berlan, 1998).

### Encadré 10. Association sénégalaise des producteurs de semences paysannes (ASPSP, 2021)

Née en 2003, l'Association accompagne ses membres pour une production professionnelle de semences vivrières (mil, maïs, niébé et riz), maraîchères et médicinales. Elle appuie la production de semences dans des jardins et champs de production de semences au niveau de la Casamance, du Sénégal oriental, de la zone du Fleuve et du Centre du Sénégal). Les membres sont formés sur les méthodes de collecte des savoirs anciens et d'échanges entre les différentes communautés.

Un accent particulier est mis sur la formation des femmes à la construction de greniers traditionnels. L'association participe également à la foire ouest-africaine des semences paysannes, organisée à depuis 2003 et regroupant différents pays (Guinée, Guinée-Bissau, Sénégal, Côte d'Ivoire, Gambie, Mauritanie, Mali, Burkina, Faso, Togo, Bénin, Niger).

Elle appuie également: (i) l'organisation de la distribution des semences à travers ses membres; (ii) la valorisation du rôle des femmes dans la sélection, la production et la conservation des semences; (iii) la capitalisation et valorisation des anciens savoir-faire; et (iv) l'échange de variétés pendant les foires.



Photo 8 – Foire de Djimini au Sénégal, l'une des plus importantes en Afrique de l'ouest, pour le partage d'expériences, de connaissances, de recettes et de semences paysannes.



## Prévision de l'hivernage

Les sociétés traditionnelles ont toujours eu recours à différents indicateurs pour prédire la nature de la campagne agricole à venir (CCAFS, 2015a, 2015b; IED, 2011). Les indicateurs utilisés sont, pour la plupart, basés sur l'observation de la nature à travers la disposition des étoiles, l'apparition de certains insectes, la localisation des nids des oiseaux, les changements de la température et de l'orientation du vent (CCAFS, 2015b). Par exemple, les manifestations qui présagent d'une bonne saison agricole sont: une abondante production de miel; une construction de nids d'oiseaux au sommet des arbres (le plus haut); l'apparition d'insectes comme les milles pattes gris en début de saison des pluies; la migration des fourmis des bas-fonds vers les plateaux; le déstockage des réserves de graines des fourmillières, etc. Les ateliers d'échanges organisés par le programme CCAFS au niveau de l'expérience pilote de la région de Kaffrine au Sénégal ont pu montrer que la plupart de ces connaissances autochtones sont liées aux prévisions météorologiques techniques (Ndiaye *et al.*, 2013 ; CCAFS, 2015b).

## Adaptation des calendriers cultureux

L'incertitude dans le démarrage des pluies représente de plus en plus un risque climatique majeur pour bon nombre de productrices et producteurs avec des conséquences non négligeables sur les rendements. Afin de mieux organiser leur calendrier culturel, le semis à sec du mil permet aux de réduire de plusieurs jours le travail durant la phase cruciale de démarrage de la saison (Garin *et al.*, 1999). Selon Ganry (1971), le semis à sec paraît le mieux adapté, en zone sèche en-dessous de 800 mm de pluie par an et sur des sols sableux. Pour la culture du sorgho et aussi du mil au-dessus de 800 mm, et en sol plus argileux, le semis en condition humide est réalisé. L'apport de plusieurs grains dans un poquet permet d'assurer la levée d'un minimum de semis quelle que soit la pluviométrie.

### Encadré 11. L'assolement dans les terres à arachides du Sénégal (Portères, 1950)

Roland Portères (1950) a décrit la succession culturelle traditionnelle dans le Cayor (correspond à la partie nord de l'actuel bassin arachidier du Sénégal). Il décrit deux types d'assolements cultureux développés par les agriculteurs sérers<sup>10</sup> et wolofs<sup>11</sup>. Les deux modèles (tableau suivant), wolof (type A) et Sérér (type B) sont bâtis sur une succession culturelle de céréales (à base de mil) et légumineuses (arachide, niébé). Le type A se termine après 4 années de culture par une jachère de 1 à 3 ans, et le (type B) se termine après un cycle de 3 successions (12 années de culture) par une jachère de 3 années sur laquelle le bétail est parqué pour reconstruire la fertilité des sols. Ce type B permet d'alterner céréales et légumineuses en deux années, et d'introduire une association de la céréale avec le niébé la troisième année (le niébé est semé dans le mil, 15 jours à trois semaines avant de récolter ce dernier). Les tiges de mil sont alors coupées pour dégager le niébé, qui va couvrir le sol jusqu'à la saison sèche. Selon l'auteur, cela permet d'améliorer la fertilité du sol et sa conservation, mais également de réduire la pullulation des parasites et des prédateurs sur les cultures.

Succession culturelle	Type Wolof	Type Sereer
1 <sup>ère</sup> année	Arachide	Arachide
2 <sup>ème</sup> année	Arachide	Mil hatif (Souana) + Niébé
3 <sup>ème</sup> année	Mil à cycle court (Souana)	Arachide
4 <sup>ème</sup> année	Mil tardif (Sanio)	Mil tardif

<sup>10</sup> Les Sereer, ou «Sérères», sont un peuple présent au centre-ouest du Sénégal, du sud de la région de Dakar jusqu'à la frontière gambienne.

<sup>11</sup> Les Wolofs constituent une population d'Afrique de l'Ouest vivant principalement au Sénégal.

## GESTION DES RESSOURCES NATURELLES

Les réponses au questionnaire d'enquête montrent que les connaissances traditionnelles en matière d'intégration agriculture-élevage (parcage des animaux), d'agroforesterie (à travers les parcs à *Acacia albida*), et la pratique traditionnelle de la jachère sont les plus citées (enquête SAGA, 2020).

### Parcs à *Acacia albida* dans la campagne Sérér

Les Sérères, comme de nombreux agriculteurs et agricultrices au Sahel, ont dû faire face depuis trente ans à la gestion des ressources naturelles face à des épisodes de sécheresses répétées (Garin *et al.*, 1999). Le paysage était aménagé et géré, avec des champs de cultures associées à des arbres «*Acacia albida*, *Cordyla pinnata*» et des haies vives autour des parcelles. Les agriculteurs et agricultrices sélectionnaient et maintenaient délibérément dans leurs champs les arbres à usages multiples qui leur fournissaient divers services (aliments, combustibles, fourrage, matériaux de construction et substances médicinales). Cette organisation de l'espace agraire, qui leur permettait de diversifier les productions et gérer durablement la fertilité des terres cultivées, a poussé la recherche agronomique à s'intéresser à l'impact de ces parcs agroforestiers sur les systèmes de production (Poulain et Dancette, 1968; Poulain, 1984; Ndour, 1998). Ces recherches ont permis d'affirmer l'important rôle dans le maintien de la fertilité des sols cultivés, la conservation de l'eau et la protection de l'environnement. Les espèces les plus utilisées dans les parcs du bassin arachidier sont: l'*Acacia albida*; le *Cordyla pinnata*; le *Guiera senegalensis*. La sélection se faisait en fonction des usages et bénéfices apportés comme: (i) l'impact sur la fertilité des sols (*Acacia albida*); (ii) l'usage des fruits en période de soudure comme source alimentaire (*Cordyla pinnata*), mais aussi l'utilisation pour la pharmacopée traditionnelle (*Guiera senegalensis*).

### Restauration des terres salées

Des agriculteurs de la Casamance, confrontés au problème de la salinisation des terres depuis plusieurs années, ont développé des stratégies pour préserver leur outil de production (Ndème, 2011). Des petits barrages et diguettes sont construits manuellement pour lutter contre ce phénomène. Les diguettes sont construites à travers la mise en place de sacs de sable ou de blocs de pierres pour réduire la vitesse de l'eau et donc le charriage du sable au niveau des champs (UICN, 2011). Les populations utilisent également les coquilles d'huîtres de Palétuvier broyées, riches en calcaire, pour neutraliser l'acidité des sols (Ndème, 2011).

### Gestion de la fertilité des terres cultivées

Traditionnellement les agriculteurs et agricultrices du bassin arachidier utilisaient de façon systématique la fumure organique pour augmenter la productivité des cultures et maintenir la fertilité de leurs terres de cultures (Badiane *et al.*, 2000). La bonne intégration de l'agriculture et de l'élevage observée dans les systèmes agraires en milieu Sérér constitue une illustration concrète de cette situation (Pellissier, 1966; Lericollais, 1972). La gestion de la fertilité des sols se faisait traditionnellement par les restitutions organiques par le bétail sous deux formes: le parcage<sup>12</sup> et la poudrette de parc<sup>13</sup>. Le parcage était le moyen privilégié utilisé pendant la saison sèche pour la fertilisation des champs de céréales qui forment

<sup>12</sup> Le parcage consiste à faire passer la nuit au troupeau sur la parcelle à fumer. Les fèces sont laissées en place à l'air libre, plus ou moins émiettées sous l'effet du passage des animaux et de l'action des termites. Elles ne sont pas enfouies avant ou après semis.

<sup>13</sup> La poudrette de parc est le produit de récurage des enclos situés près des habitations. Elle contient très peu de paille, du fait de l'absence de litière, mais une proportion variable de terre.



la première auréole autour du village Sérér (Landais et Lhoste, 1993). Les quantités déposées sont de l'ordre de 50 kg de matière sèche (MS) de fèces par unité de bétail tropical (UBT) et par mois, soit 600 kg de MS de fèces par UBT et par an. Les étables et fosses fumières permettaient également de fabriquer un véritable fumier au sein de l'exploitation agricole, avec les animaux intégrés à cette exploitation. Elles sont en particulier vulgarisées aujourd'hui par la SODEFITEX au Sénégal-Oriental et en Haute-Casamance, tel que discuté précédemment (Badiane *et al.*, 1999).

## Pratique de conservation des eaux et des sols

La technique «Gulle Kisnal» en langue Pulaar<sup>14</sup> au Sénégal, est semblable à celle du zaï au Burkina Faso. Elle consiste à aménager des trous au niveau du sol pour optimiser l'eau de pluie et favoriser l'infiltration en la rendant plus disponible pour la plante. Cela permet d'assurer une humidité relative sous la plante pendant plusieurs jours après la pluie. La pratique permet ainsi de limiter les déficits d'eau dus aux poches de sécheresse en saison pluvieuse et aux ruptures brusques de pluies.

### Encadré 12. Gulle kisnal: pratique locale de conservation des eaux et des sols, expérimentée dans le cadre du projet SAGA, par les productrices et producteurs de la commune d'Oudalaye

Le Centre d'étude et de coopération internationale (CECI) et la Fédération des associations du Fouta pour le développement (FAFD) ont accompagné le développement d'un Jardin intégré de résilience (JIR) dans la commune d'Oudalaye, région de Matam, au Sénégal (FAO, 2020c). Dans cette zone aride du nord du Sénégal, le maraîchage est quasi inexistant à cause de la problématique de la disponibilité en eau. Pour réduire les pertes en eau du sol, les «Gulle kisnal», traduit de la langue pulaar comme «trou» et «économiser/consERVER», ont été aménagés dans le JIR. Il s'agit d'une technique locale qui consiste à creuser un mini-bassin, y déposer du fumier mélangé avec de la terre, le garder humide en l'arrosant régulièrement pendant trois à quatre jours, avant d'y semer la graine ou de repiquer la jeune plante. Ces trous ressemblent à la technologie du zaï utilisée par les paysans burkinabais. Les «Gulle kisnal» permettent ainsi de concentrer les nutriments et l'eau de pluie et/ou d'arrosage autour des plants et limiter les pertes d'eau et le développement des adventices, pour favoriser un développement optimal de la plante.



Photo 9 – Repiquage de plantules dans les Gulle kisnal.

<sup>14</sup> Le pulaar est une variété du peulh, parlée principalement au Sénégal.

## 4. Diffusion des connaissances sur l'adaptation aux changements climatiques



©CNCR

La diffusion des connaissances sur les bonnes pratiques d'adaptation aux changements climatiques se fait selon un éventail d'approches. Dans cette partie, nous avons répertorié les différentes approches et outils de diffusion existants ainsi que les barrières à la diffusion des pratiques d'adaptation citées par les personnes ayant répondu au questionnaire.

### DIFFUSION DES CONNAISSANCES SUR L'ADAPTATION

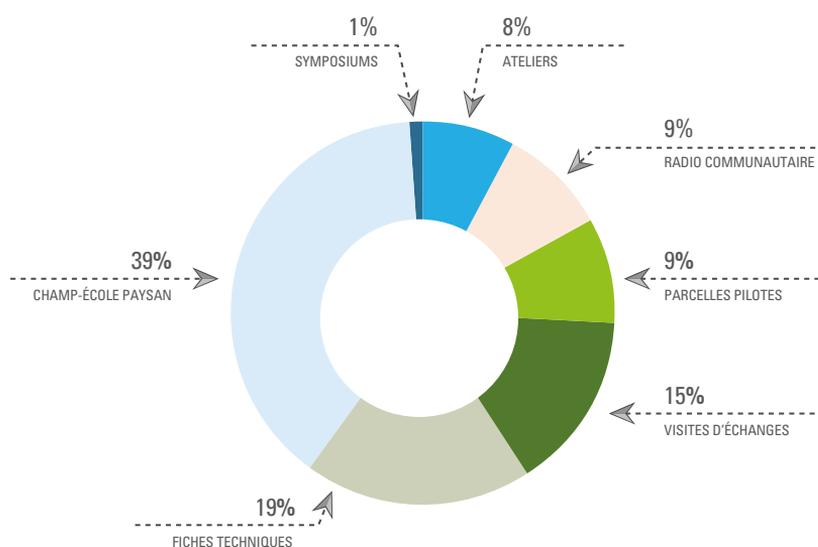
Les approches et outils de diffusion des connaissances sur les bonnes pratiques d'adaptation aux changements climatiques cités par les participant(e)s au questionnaire sont: (i) l'approche champs-école paysan (CEP) (39,4 pour cent des réponses); (ii) les fiches techniques (19,4 pour cent des réponses); (iii) les visites d'échanges (15 pour cent des réponses); (iv) le suivi des ateliers (5 pour cent); et (v) les parcelles de démonstration (5 pour cent) et les radios communautaires.

Ces différentes stratégies et approches peuvent être regroupées en trois groupes, basés sur les réponses au questionnaire (Fall, 2020):



- Un premier groupe utilisant des approches de communication à distance à travers des médias de masse (par exemple les radios communautaires) ou la publication de fiches techniques. Cette approche privilégie la diffusion de l'information à celles et ceux souhaitant la recevoir. L'information est à sens unique, sans face à face, et destinée à un large public. En outre, ces outils sont peu coûteux. La réception du message n'est cependant pas assurée.
- Un second groupe mettant en œuvre des stratégies et approches participatives et de co-apprentissage des bonnes pratiques d'adaptation avec les bénéficiaires. Il s'agit par exemple des champs-écoles paysans (CEP), des parcelles pilotes de démonstration et des visites d'échanges. Ces approches sont plus coûteuses que celles du premier groupe, car elles nécessitent une mobilisation des productrices et producteurs et souvent des déplacements sur le site. Mais elles présentent des avantages non négligeables: (i) elles facilitent les discussions sur les options d'adaptation possibles pour trouver des solutions aux problèmes; (ii) permettent aux productrices et producteurs d'échanger leurs informations et expériences entre eux et avec les autres parties prenantes (recherche, vulgarisateurs, ONG); (iii) et permettent d'atteindre directement les bénéficiaires car ciblant un public restreint ayant les mêmes préoccupations. La probabilité de réception et d'appropriation du message, voire d'un changement de comportement, est ainsi plus élevée. La FAO a accordé à l'ANCAR un projet de coopération technique (TCP), concernant «l'institutionnalisation de l'approche champ-école-paysan (CEP) au Sénégal». Ce projet a permis à l'agence de faire une analyse de son dispositif afin de renforcer la promotion d'un nouveau paradigme de conseil agricole basé sur les principes de l'approche CEP pour davantage impliquer les agriculteurs et agricultrices dans le dispositif de conseil et leur permettre d'adapter les innovations scientifiques et techniques à leurs conditions locales.
- Un troisième groupe de niveau intermédiaire privilégiant les séances de partage théorique à travers les symposiums et les ateliers. Ces derniers sont organisés pour partager des connaissances et expériences. Ici, le public est large, et souvent les leaders de groupes ou les décisionnaires sont ciblé(e)s.

Figure 6. Résultats de l'enquête sur les outils utilisés dans la diffusion des connaissances sur l'adaptation aux changements climatiques au Sénégal



Source: FAO

La responsabilisation des organisations de productrices et producteurs et leur implication dès le début du processus de conception des technologies et bonnes pratiques est également à encourager selon les personnes enquêtées (enquête SAGA, 2020). Les plateformes d'organisation de la société civile telles que la Plateforme des ONG européennes (PFONGUE)<sup>15</sup> ou la Dynamique pour une transition agroécologique au Sénégal (DYTAES)<sup>16</sup>, sont des cadres de concertation des parties prenantes de la recherche, des universités, des productrices et producteurs et des ONG, et travaillent à l'identification et à l'analyse des besoins en renforcement des capacités. Le tableau ci-dessous renseigne sur les avantages et les limites de chaque approche d'après nos participant(e)s au questionnaire.

Tableau 4. Approches et stratégies de diffusion des connaissances sur l'adaptation

Approches & stratégies		Avantages	Limites
GROUPE 1: communication à distance	Fiche technique de vulgarisation	Renseigne sur la pratique Reste accessible même après la mise en œuvre du projet	Information transmise à sens unique Non accessible aux analphabètes
	Radio communautaire	Rend l'information accessible à un plus large public avec la possibilité qu'elle soit diffusée en langue locale	L'information est théorique et à sens unique
GROUPE 2: approches participatives	CEP	Permet la participation des productrices et producteurs; une démarche inclusive permettant l'appropriation des bénéficiaires  Permet de valoriser les savoirs faire des productrices et producteurs à travers l'apprentissage par la pratique  Permet un message accessible aux petit(e)s productrices et producteurs et en langue locale  Facilite l'intégration du genre comme stratégie d'adaptation et de résilience par la sensibilisation et la formation à travers les CEP-G	Couverture géographique plus limitée. Prend plus de temps et d'implication des formateurs et formatrices
	Visite d'échanges	Permet aux productrices et producteurs de se faire leur propre opinion sur la pratique  Permet les échanges d'expériences	Nécessite des moyens de déplacement pendant l'expérimentation
	Parcelles démonstration	Facilite la co-conception avec les productrices et producteurs  Stimule l'innovation et facilite l'adoption de la pratique	
GROUPE 3: approches théoriques	Symposium/ Ateliers	Permet de sensibiliser les décideurs politiques et d'informer les potentiels bailleurs  Favorise les échanges entre différentes parties prenantes de la recherche, du développement, des ONG et des organisations de productrices et producteurs (OP)	Partage théorique, souvent moins adapté aux petit(e)s productrices et producteurs

<sup>15</sup> La Plateforme des ONG européennes au Sénégal (PFONGUE) est un réseau d'organisations non-gouvernementales, ayant pour objectif la création de synergies et de nouveaux partenariats. Association faitière reconnue par l'Etat Sénégalais et membre de la Commission Interministérielle Consultative, la PFONGUE assure un soutien dans la facilitation du dialogue avec les pouvoirs publics sénégalais ou tout autre partenaire, public ou privé, national ou international.

<sup>16</sup> La DYTAES est un cadre de partenariat multi-acteurs regroupant diverses organisations engagées à soutenir le processus de la transition agroécologique au Sénégal.



### Encadré 13. Le programme de productivité agricole en Afrique de l'Ouest (PPAAO/WAAPP)

Le PPAAO initié en 2007 par la Communauté économique des États de l'Afrique de l'ouest (CEDEAO) au profit des pays États membres, a permis le développement et la consolidation des systèmes de diffusion et d'adoption des technologies à large échelle (CORAF, 2018).

Le projet a généré 16 nouvelles technologies sur les filières céréales sèches (mil, maïs, sorgho, fonio) avec une augmentation de rendement de plus de 15 pour cent par rapport aux spéculations en cours d'exploitation. Il a également financé 56 projets de diffusion de technologies améliorées.

Ces projets ont permis de diffuser 70 technologies, entre autres:

- des variétés de mil, de sorgho, de maïs produites par l'ISRA;
- le vinaigre de mangue;
- la décortiqueuse mécanique de fonio;
- l'incorporation des céréales locales dans les farines boulangères;
- la lutte sur seuil sur le cotonnier;
- le dispositif de traitement de l'huile d'arachide artisanale communément appelée seggal;
- le granulateur de céréales; et
- la lutte contre la mouche des fruits.

La base de données est disponible sur le site du CORAF.

## LE CHAMP-ÉCOLE PAYSAN: UNE APPROCHE DE DIFFUSION DES CONNAISSANCES SCIENTIFIQUES ET SAVOIR-FAIRE TRADITIONNELS

Le projet «Intégration de la résilience climatique dans la production agro-pastorale pour la sécurité alimentaire dans les zones rurales vulnérables à travers l'approche des champs-écoles paysans», valorise l'approche 'champ-école paysan' en vue de transmettre aux agriculteurs et agricultrices des outils d'adaptation aux changements climatiques. Le projet a permis la formation de facilitateurs (FDF) de champs-écoles, qui constitue le point de départ de la mise en œuvre de l'approche CEP au Sénégal. Quatre promotions de techniciennes et techniciens facilitateurs et une promotion de productrices et producteurs relais facilitateurs ont été ainsi formées.

Le projet SAGA a permis également de former les productrices et producteurs aux bonnes pratiques d'adaptation aux changements climatiques à travers l'approche CEP sensible au Genre (CEP-G) mis en œuvre par les partenaires (Carrefour international, CECI, SOCODEVI, Mer et Monde et SUCO) en collaboration avec les acteurs locaux (FAFD, ARPOFES, GRAIM, groupements des femmes du Léhar, Coopérative agroalimentaire de la Casamance (CAC-miel)). L'approche CEP mise en œuvre par les partenaires du projet SAGA (voir encadré ci-dessous) a ainsi permis d'allier les connaissances sur les bonnes pratiques d'adaptation aux changements climatiques au savoir-faire traditionnel des productrices et producteurs locaux, et de valoriser les connaissances traditionnelles lors des échanges d'expériences.

## Encadré 14. Des champs-écoles de productrices-genre (CEP-G) pour renforcer la diffusion des bonnes pratiques d'adaptation aux changements climatiques

### Le mariage de nouvelles techniques avec un savoir traditionnel

Dans les villages de Nguindor, Thiambene et Keur Balla Hane, un CEP-G ciblant un équilibre dynamique entre les discussions de groupe et les contributions de personnes ressources, les savoirs locaux et d'ailleurs, a permis d'allier la théorie et la pratique (FAO, 2020a). L'initiative a contribué à former 25 facilitatrices d'un réseau de 40 périmètres maraîchers gérés exclusivement par des femmes, ainsi qu'à stimuler les échanges quant aux pistes de solutions face aux défis que posent l'adaptation aux changements climatiques et les inégalités de genre. Les femmes sont accompagnées à adopter des pratiques durables de maraîchage à travers: (i) l'amélioration de l'accès à l'eau, en creusant des mini-bassins autour desquels sont concentrés l'eau d'arrosage et de ruissellement sur les plants afin de réduire les pertes d'eau et d'optimiser l'usage par la plante; (ii) l'utilisation des pratiques traditionnelles de lutte contre les maladies, à travers l'usage des fruits du Neem (*Azadiracta indica*) comme traitement bio-pesticide des plants de tomates et d'aubergines amères contre la mouche blanche; (iii) et des méthodes de conservation des sols par l'aménagement de couches d'herbes et de feuilles sèches sur les parcelles pour garder la terre humide le plus longtemps, réduire la levée des mauvaises herbes et limiter le dessèchement des plantules.



Photo 10 – Les facilitatrices en action sur les parcelles du champ-école de productrices - genre (CEP-G).

# 5. Conclusion et recommandations



©FAO/Seyliou Diallo / FAO

## CONCLUSION

Le secteur agricole sénégalais, comme la plupart de ceux des pays en développement, fait face aux contraintes des changements climatiques. Les projections climatiques montrent une incertitude dans les précipitations futures et leur distribution, là où les projections en matière de variation de températures sont plus précises. La perte et la dégradation des ressources naturelles et des services écosystémiques provoquées par ces changements, et d'autres facteurs de stress, ont un impact direct sur les moyens de subsistance des communautés et sur le bien-être humain tout en exacerbant la vulnérabilité face aux risques climatiques.

Ce document sur l'état des lieux cherche ainsi à mettre l'essentiel des connaissances scientifiques et traditionnelles passées et actuelles à la disposition des actrices et acteurs impliqués dans le secteur agricole ou intervenant dans le processus de planification de l'adaptation afin de guider les étapes subséquentes de la prise de décision. Il permet de compléter ceux sur l'état des lieux des connaissances élaborés dans le cadre du PAS-PNA, et d'orienter les parties prenantes sur le choix et la priorisation des options d'adaptation à moyen et long termes aux niveaux local et national pour minimiser les impacts des changements climatiques sur les écosystèmes et les communautés.

L'état des lieux ainsi réalisé révèle que la recherche scientifique s'est penchée sur la problématique de l'adaptation des cultures depuis la sécheresse des années 1970, et sur la restauration des terres dégradées, en particulier des terres salées, dès les années 1960. Plusieurs variétés à cycle court en particulier, adaptées à la sécheresse ont été développées sur les principales cultures vivrières (mil, riz, arachide, maïs, niébé, arachides, etc.). La recherche s'est également intéressée à l'amélioration des variétés de riz face aux enjeux de salinisation des terres, qui affectent la production agricole surtout en zone pluviale (bassin arachidier et Casamance). Cependant, la question de l'adaptation du riz à la hausse des températures reste toujours d'actualité.

Plusieurs études ont aussi porté sur les pratiques culturales de fertilisation des sols pour limiter les pertes de nutriments, minimiser l'impact sur l'environnement et favoriser la hausse des rendements agricoles. De plus, plusieurs connaissances sont actuellement utilisées pour la restauration des terres dégradées (salinisation et érosion des terres), et appliquées au niveau national.

Toutefois, certaines technologies proposées ne sont pas parfois accessibles aux productrices et producteurs, car ne disposant pas de moyens suffisants pour appliquer les recommandations. Ceci limite souvent leur diffusion à grande échelle et leur adoption. Ce phénomène est ressorti par exemple dans le système de gestion de la fumure organique des sols, proposé par la recherche agronomique depuis plusieurs années, de même que les technologies d'agroforesterie, dont la diffusion est souvent contrainte par l'accès au foncier. Cet exemple montre que l'innovation «technique» à elle seule ne suffit pas et illustre l'importance d'intégrer les volets socio-économique et territorial dans les études et interventions.

Les connaissances traditionnelles, quant à elles sont faiblement documentées (selon les personnes enquêtées). Cependant, les connaissances traditionnelles concernant les pratiques agroforestières ont été bien capitalisées par la recherche agronomique. Les pratiques de la RNA, largement réalisées dans les terroirs Sérers du bassin arachidier à travers les parcs à *Acacia albida* et les parcs à *Cordyia pinnata*, ont poussé les scientifiques à étudier l'impact de ces parcs sur les systèmes de production et à les préconiser comme stratégie d'adaptation. Cependant, pour mieux exploiter et améliorer les mesures d'adaptation locales et les intégrer dans des stratégies d'adaptation nationales, le savoir traditionnel doit être analysé de façon approfondie et valorisé par la recherche et les politiques. Cela nécessite une approche participative avec les différentes parties prenantes nationales. L'état des lieux a également permis d'aborder les approches de partage des connaissances pouvant être privilégiées dans les options de diffusion et de mise à l'échelle sur les bonnes pratiques d'adaptation. Parmi celles-ci, les approches participatives comme le CEP semblent les plus prometteuses car permettant une prise en compte des connaissances scientifiques et traditionnelles et un apprentissage mutuel. L'originalité et la simplicité des procédés utilisés favorisent non seulement une meilleure appropriation des innovations, mais aussi une participation active des productrices et producteurs à la production du savoir agronomique et donc, une valorisation de la fonction paysanne. L'appropriation de l'approche par les principaux services et projets d'encadrement agricole (ANCAR, société civile, la recherche), est également notée. La promotion de ce nouveau paradigme de conseil agricole basé sur les principes de l'approche CEP va permettre d'impliquer les agriculteurs et agricultrices dans le dispositif de conseil et leur permettre d'adapter les innovations scientifiques et techniques à leurs conditions locales.

Finalement, la revue des expériences mises en œuvre à travers les études, projets et programmes montre donc que les parties prenantes (productrices et producteurs, services techniques, recherche, ONG, agentes et agents de projets de développement) sont capables d'innover pour s'adapter aux défis des changements climatiques en valorisant au mieux les ressources naturelles.

L'analyse de l'évolution des connaissances montre qu'une transition est en cours: de pratiques mises en œuvre de façon plus ou moins isolée pour répondre à des problématiques précises, vers des approches plus participatives. Ces dernières mettent l'accent sur la co-construction à travers les échanges, le réseautage et la participation active des communautés



(approches VCI, CEP, etc.). Les approches participatives permettent de contourner les limites des connaissances «purement techniques», parfois peu appropriées par les communautés rurales et intègrent la reconnaissance des dynamiques socio-économiques et territoriales influant sur la création et l'adoption de pratiques innovantes. Cela rappelle ainsi que l'innovation n'est pas que «technique» mais aussi et surtout «sociale» et «institutionnelle», ancrée dans les territoires, et que la recherche et les institutions publiques doivent accompagner ce mouvement.

## RECOMMANDATIONS

L'état des lieux prend en compte les connaissances scientifiques et traditionnelles et les approches de vulgarisation au niveau local, en mettant l'accent sur les stratégies de subsistance des populations locales qui dépendent de l'agriculture et des ressources naturelles. Face au choix des options d'adaptation aux changements climatiques à mettre en œuvre, l'enjeu principal reste de prendre en considération tant les aspects techniques, que le contexte socio-économique local pour améliorer durablement les moyens de subsistance des populations. Une démarche holistique et pluridisciplinaire permettant d'aider les parties prenantes nationales à proposer et adopter des options d'adaptation techniquement et socialement acceptables, économiquement viables et écologiquement durables, est nécessaire.

Pour cela, les recommandations formulées ci-dessous regroupent celles des participants et participantes à l'enquête, et celles issues de l'analyse de l'état des lieux:

- **Soutenir et accélérer les approches participatives**

L'amélioration de la résilience des secteurs agricoles à l'heure des changements climatiques ne peut être réalisée qu'en transformant l'ensemble du système alimentaire. Cette transformation durable est un processus complexe qui implique non seulement des changements techniques, mais aussi sociaux et institutionnels. En effet, l'innovation technique à elle seule ne suffit pas à garantir la mise en œuvre des stratégies efficaces et inclusives d'adaptation. Il est essentiel de mieux comprendre et d'accélérer l'innovation «sociale» et «institutionnelle». Des approches participatives et des expérimentations menées dans ces trois dimensions sont nécessaires et cela ne peut se faire sans l'accompagnement de la recherche et des institutions publiques.

C'est l'exemple de la recherche-action participative, l'approche la plus préconisée par les répondants au questionnaire de l'étude. Elle consiste à renforcer les liens entre les productrices et producteurs, la recherche, les agentes et agents de développement dans un processus de co-construction des connaissances et d'innovations technologiques. Cela permet: (i) de promouvoir l'accès aux connaissances scientifiques et aux nouvelles technologies; (ii) de diffuser les approches de co-construction, à l'image des CEP, qui permettent le partage des connaissances scientifiques et traditionnelles; (iii) et de faciliter l'adoption de ces dernières. Cet apprentissage mutuel permettra ainsi dès la conception, de cerner l'ensemble des contraintes biophysiques, climatiques, socio-économiques, culturelles et de prendre en compte le coût de la stratégie d'adaptation permettant d'ancrer durablement cette dernière au contexte local.

- **Capitaliser les connaissances traditionnelles**

Les agriculteurs et agricultrices observent souvent la nature et l'évolution des ressources naturelles dans leur terroir, et sont les premiers à identifier les changements et à essayer de s'y adapter. Les connaissances traditionnelles qu'elles et qu'ils ont acquises par l'expérience et l'observation de leur milieu pourraient être capitalisées par les acteurs de la recherche dans une démarche de co-construction pour élaborer des stratégies d'adaptation liées à la variabilité et aux changements climatiques.

Cependant, pour pouvoir exploiter ces connaissances traditionnelles, il sera nécessaire de les étudier, les analyser et voir, si besoin, comment les adapter au contexte actuel, à travers la recherche action participative. La valorisation des semences paysannes a été préconisée par la DYTAES, dans le but de renforcer le capital

semencier de plusieurs espèces dites mineures ou négligées, comme le fonio blanc (*Digitaria exilis*), dont les variétés locales ont tendance à disparaître au profit de quelques variétés sélectionnées et diffusées. La sauvegarde des variétés paysannes de mil et de sorgho devrait également être accompagnée par la conservation in situ de cette biodiversité mais également l'appui à leur utilisation dans les programmes d'amélioration variétale. La production du mil est assurée en grande partie par les écotypes locaux issus des techniques de sélection paysannes.

Les personnes enquêtées ont également souligné l'importance de mettre en place une stratégie nationale de gestion et de conservation ex et in situ des ressources phytogénétiques au niveau national.

- **Améliorer l'accès aux données et connaissances scientifiques et vulgariser l'information**

L'adaptation aux changements climatiques est un défi majeur qui nécessite le partage des connaissances pour une amélioration des performances des initiatives en cours. Pour cela, il faut poursuivre et accélérer les actions visant à améliorer l'accès et la diffusion des données sur les changements climatiques, les pratiques agricoles et la gestion des ressources naturelles.

Des efforts supplémentaires de vulgarisation sont également nécessaires pour rendre les informations accessibles et utiles aux utilisatrices et utilisateurs, notamment aux communautés rurales agricoles. Une bonne appropriation exige que les communautés sachent quelles informations sont disponibles, mais aussi comment elles peuvent être utilisées. Il est nécessaire de faciliter le transfert des connaissances, en simplifiant leur compréhension et en favorisant les échanges et l'apprentissage pratique. L'enseignement par l'expérience, à travers les CEP, est une démarche très prometteuse. Les CEP offrent des opportunités et un espace structuré où les productrices et producteurs comprennent, créent conjointement et adaptent des connaissances, et des outils et techniques.

- **Améliorer les stratégies de communication**

Les stratégies d'adaptation proposées nécessitent pour la plupart une bonne stratégie de communication pour la sensibilisation, le partage des connaissances et la participation communautaire. Il s'agira: (i) de faciliter la diffusion à travers la digitalisation pour faciliter le partage d'information à grande échelle; (ii) de faciliter la décentralisation des canaux d'information vers les canaux de diffusion déjà existants, telles que les radios communautaires ou les CEP, pour garantir une information aux échelles nationale, régionale et locale. L'une des propositions faite par les personnes enquêtées serait de renforcer les capacités des représentants et représentantes des associations villageoises qui utiliseraient éventuellement toutes leurs opportunités de regroupement pour passer le mot; (iii) de promouvoir l'utilisation des canaux de communication participatifs, allant de la radio rurale à la diffusion de vidéos et de documentaires en langue locale à travers des plateformes virtuelles accessibles telles des applications mobiles; (vi) et de favoriser l'expression dans les langues des actrices et acteurs locaux.

- **Améliorer la coordination des actions**

La plupart des projets et programmes ont développé une approche multi-acteurs qui a permis d'apporter de la valeur ajoutée pour la durabilité et la diffusion des pratiques locales d'adaptation. Cependant, la synergie et la capitalisation des actions au niveau local sont nécessaires et recommandées pour la plupart.

Les propositions suivantes mettent l'accent sur la nécessité d'assurer une meilleure coordination des actions sur le terrain: (i) favoriser les échanges et le partage des expériences et des leçons apprises d'une part, de manière horizontale [entre les communautés et, entre les communautés et services techniques (recherche et vulgarisation)] et d'autre part, de façon verticale, vers les échelles nationales de décision; (ii) renforcer les connaissances des conseillers agricoles et mettre à leur disposition des outils de diffusion efficaces; (iv) mettre en place une plateforme nationale de diffusion d'information climatique pour toucher le maximum de productrices et producteurs; (v) élaborer une stratégie et un plan d'action orienté vers l'impact de l'utilisation de connaissances.



- **Impliquer des relais locaux**

La proposition de la mise en place de cadres institutionnels chargés de coordonner les activités liées à l'ACC au niveau local a aussi été soulignée.

- **Capitaliser les expériences par zone agroécologique**

L'identification des besoins en technologie et la capitalisation des expériences d'adaptation permet d'examiner avec attention la faisabilité de ces pratiques en fonction des spécificités des milieux et des sociétés rurales.

L'analyse des résultats montre que le renforcement des capacités est nécessaire à toutes les étapes du processus de mise en œuvre des bonnes pratiques répertoriées. Ce renforcement des capacités pourrait se faire par une série de formations et de démonstrations en direction des actrices et acteurs à la base.

Les personnes enquêtées ont préconisé l'importance: (i) de multiplier à grande échelle les champs pilotes et les CEP; (ii) de documenter davantage les acquis; (iii) de mieux apprécier l'aspect genre en accentuant les interventions auprès des femmes car elles sont au cœur du développement des filières porteuses de croissance économiques au sein des communautés; et (iv) de mieux responsabiliser les réseaux d'organisations paysannes en place lors de la conception, la mise en œuvre et l'évaluation des programmes de transfert de connaissances et d'adaptation aux changements climatiques.



# Bibliographie

**AfricaRice.** 2010. *New breeding directions at AfricaRice: Beyond Nérica*. 24 pp. Cotonou (Benin).

**AfricaRice.** 2016. RiceAdvice. Disponible sur: [www.africarice.org/riceadvice](http://www.africarice.org/riceadvice) (Page web consultée le 29 avril 2021).

**AfricaRice.** 2018. *Rapport annuel 2017 du Centre du riz pour l'Afrique (AfricaRice): Cibler de manière plus effective la recherche pour le développement*. Abidjan. 40p.

**Agence nationale de la statistique et de la démographie (ANSD).** 2018. *Rapport sur la situation économique et sociale du Sénégal*. Ed. 2015. Dakar.

**Agricultural model intercomparison improvement project (AGMIP).** 2021. *Nioro, Senegal - Adapting smallholder rain-fed farming systems*. Disponible sur: <https://agmip-ie.wenr.wur.nl/nioro1> (Page web consultée le 12 avril 2021).

**Agriculture durable à faibles apports externes (AGRIDAPE).** 2007. *Pour des semences paysannes vol. 23, n° 2*. Édition régionale Afrique francophone, co-publiée par ILEIA et IED. ISSN: 0851-7932.

**Centre régional AGRHYMET.** 2021. *Page d'accueil du Centre régional AGRHYMET*. Disponible sur: <http://agrhymet.cilss.int/> (Page web consultée le 12 avril 2021).

**Agence nationale de l'aviation civile et de la météorologie (ANACIM).** 2021. *Géoportail sur le changement climatique*. Disponible sur: [www.anacim.sn/geoportail-changement-climatique/](http://www.anacim.sn/geoportail-changement-climatique/) (Page web consultée le 12 avril 2021).

**Analyse multidisciplinaire de la mousson Africaine (AMMA-2050).** 2021. *AMMA-2050*. Disponible sur: [www.amma2050.org/fr/Accueil](http://www.amma2050.org/fr/Accueil) (Page web consultée le 29 avril 2021).

**Annerose, D.J.M.** 1990. *Recherche sur les mécanismes physiologiques d'adaptation à la sécheresse: application au cas de l'arachide (Arachis hypogaea L.) cultivée au Sénégal*. Thèse, Université Paris III. Paris. p. 282.

**Annerose, D.J.M.** 1991. *Caractérisation de la sécheresse agronomique en zone semi-aride. II. Evaluation des formes de sécheresse agronomique de l'arachide au Sénégal par la simulation hydrique de la culture*. Oléagineux, vol. 46, p. 61–67.

**Annerose, D.J.M. et Diagne, M.** 1990. *Caractérisation de la sécheresse agronomique en zone semi-aride. I. Présentation d'un modèle simple d'évaluation appliqué au cas de l'arachide cultivée*. Oléagineux, vol. 45, p. 547–554. Disponible <http://lodel.irevues.inist.fr/climatologie/index.php?id=1194>

**African Postharvest Losses Information System (APHLIS).** 2021. *APHLIS+*. Disponible sur: [www.aphlis.net/fr](http://www.aphlis.net/fr) (Page web consultée le 13 avril 2021).

**Association sénégalaise des producteurs de semences paysannes (ASPSP).** 2021. *À propos de nous*. Disponible sur: <https://aspspsenegal.wixsite.com/aspsp-senegal/a-propos-de-nous> (Page web consultée le 12 avril 2021).

**Ati, O. F., Stigter C. J. et Oladipo, E. O.** 2002. *A comparison of methods to determine the onset of the growing season in Northern Nigeria*. International Journal of Climatology, vol. 22, n°6, p. 731–742.

**Badiane, A. N., Diagne, M., Fall, A., Faye, A., Kébé, M., Khouma, M., et Sène, M.** 2000. *Gestion et transformation de la matière organique: Synthèse des travaux de recherches menés au Sénégal depuis 1945*. Institut sénégalais de recherches agricoles (ISRA). Dakar.

**Bah, A., Camara, I. et Noblet, M.** 2019. *Évaluation de la vulnérabilité du secteur ressources en eau à la variabilité et aux changements climatiques dans la région de Fatick*. Rapport produit dans le cadre du projet «Appui Scientifique aux processus de Plans Nationaux d'Adaptation dans les pays francophones les moins avancés d'Afrique subsaharienne». Climate Analytics gGmbH. Berlin.

**Bakhom, C., Samba A. N. S. et Ndour B.** 2001. *Sterculia setigera Del.: effet sur les cultures*. Annales des sciences forestières. Springer Nature (since 2011)/EDP Science (until 2010), vol. 58, n°2, p. 207-215.

**Bal, A. B.** 1986. *L'entomofaune nuisible de l'agrosystème mil-niébé au Sénégal: statut et perspectives de contrôle*. Institut sénégalais de recherches agricoles (ISRA). Dakar.

**Baldé, A. B., Muller, B., Ndiaye, O., Stuerz, S., Sow, A. et Diack, B. S.** 2014. *Changement climatique dans la vallée du fleuve Sénégal: implications sur les systèmes de culture du riz irrigué*. In: Climat: système et interactions (Camberlin, P. et Richard, Y., dir. pub.), XXVIIe Colloque de l'Association internationale de climatologie, 2-5 juillet 2014. Centre de recherches de climatologie, Biogéosciences, CNRS, Université de Bourgogne. Bourgogne (France).

**Barry, B.** 1986. *Situation des aménagements hydro-agricoles des terres salées de basse Casamance*. Séminaire sur les aménagements hydro-agricoles et systèmes de production. Montpellier (France).

**Barry, E., Boivin, P., Brunet, D., Montoroï J. P., Mougnot E., Touma, J. et Zante, P.** 1988. *Évolution des stratégies d'aménagement hydro-agricoles des sols sales en basse Casamance. Deuxième journées de l'eau au Sénégal*. Université Cheikh Anta Diop (UCAD). Dakar.

**Berlan, J.-P.** 1998. *La menace du complexe génético-industriel*. Le Monde diplomatique.

**Bernoux, M. et Chevallier, T.** 2013. *Le carbone dans les sols des zones sèches. Des fonctions multiples indispensables*. Les dossiers thématiques du CSFD, n°10, CSFD/Agropolis International, p. 40. Montpellier (France).

**Bernoux, M., Feller, C., Cerri, C. C., Eschenbrenner V. et Cerri, C. E. P.** 2006. *Soil carbon sequestration*. Dans: Roose E., Lal R., Feller C., B. B., Stewart B. A. (éd.): *Soil erosion and carbon dynamics*, Boca Raton: Taylor et Francis: p. 13–22.

**Bèye, G.** 1972. *L'acidification des sols de mangrove de Basse-Casamance après leur mise en polder; effet du type d'aménagement*. IRAT Casamance. 17 pp.

**Bèye, G.** 1973. *Une méthode simple de dessalement des sols de tanne de Casamance: le paillage*. Agronomie tropicale, n°28, p. 537–548.

**Bhatnagar, V. S.** 1986. *Rapport d'activité du programme de lutte biologique*. Rapport produit dans le cadre du projet «Lutte intégrée contre les ravageurs des cultures vivrières dans le Sahel», CILSS.

**Bourgault, M.A., Guilpart, E., Tilmant, A. et Roy, R.** 2020. *Gestion du fleuve Sénégal sous changements climatiques*. Département du génie civil et de génie des eaux, Université Laval (Canada), Consortium Ouranos. Rapport 1 produit dans le cadre du projet «Sécurité alimentaire: une agriculture adaptée» (SAGA), FAO.

**Bureau de référence sur le changement climatique pour l'adaptation et l'atténuation.** 2017. *Centre de Suivi Écologique*. Disponible sur: [www.cse.sn/images/docs/BR2CSA\\_Bilan.pdf](http://www.cse.sn/images/docs/BR2CSA_Bilan.pdf) (Page web consultée le 30 avril 2021).

**Burgos-Léon, W., Ganry, F., Nicou, R., Chopart, J. L. et Dommergues, Y.** 1980. *Un cas de fatigue des sols induite par la culture du sorgho*. Agronomie tropicale, Vol. 35, n°4, p. 319–334.

**Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS).** 2015a. *Scaling up climate advisories in Senegal and Colombia*. Disponible sur: <https://ccaafs.cgiar.org/outcomes/scaling-climate-advisories-senegal-and-colombia#.VfFnYhHtIbC> (Page web consultée le 29 avril 2021).

**Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS).** 2015b. *L'impact des services d'information climatique au Sénégal. Étude de Résultats n°3*. Copenhague: Programme de recherche du CGIAR sur le changement climatique, l'agriculture et la sécurité alimentaire (CCAFS). Disponible sur: <https://hdl.handle.net/10568/68331> (Page web consultée le 29 avril 2021).

**Chaudhary, R. C., Nanda, J. C. et Tran, D. V.** 2003. *Guide d'identification des contraintes de terrain à la production du riz*, Rome 2003, 73p.

**Centre de suivi écologique (CSE).** 2018. *Rapport de Suivi de la production végétale*. Dakar.

**Changement climatique, agriculture et sécurité alimentaire (CCAFS).** 2013. *Scaling up seasonal forecasts to over 2 million users in Senegal*. Disponible sur: <https://ccaafs.cgiar.org/outcomes/seasonal-forecasts-over-2-million-users-senegal> (Page web consultée le 29 avril 2021).

**Charreau, G.** 1970. *L'amélioration du profil cultural dans les sols sableux et sablo-argileux de la zone tropicale sèche ouest-africaine et ses incidences agronomiques*. IRAT. Bambey (Sénégal).

**Cissé, L.** 1986. *Étude des effets d'apports de matière organique sur les bilans hydriques et minéraux et la production du mil et de l'arachide sur un sol sableux dégradé du Centre-Nord du Sénégal*. Thèse de Doctorat en Sciences Agronomiques, Institut National polytechnique de Lorraine, 184 p. Nancy (France).

**Cissé, N., Ndiaye, M., Thiaw, S. et Hall, A.E.** 1995. *Registration of Mouride cowpea*. Crop science, Vol. 35, p. 1215–1216.

**Cissé, N., Ndiaye, M., Thiaw, S. et Hall A.E.** 1997. *Registration of Melakh cowpea*. Crop Science, 37: 1978.

**Cissé, N., Wey, J., Seck, D., Gueye, M. T. et Gueye, M.** 2005. *Les légumineuses à graines*. In Bilan de la recherche agricole et agroalimentaire au Sénégal. ISRA, ITA, CIRAD. p. 257–267.



- Clavel C., Sarr B., Marone E. et Ortiz R.** 2004. *Potential agronomic and physiological traits of spanish groundnut varieties (Arachis hypogaea L.) as selection criteria under end-of-cycle drought conditions*. Agronomie, Vol. 24, p. 101–111.
- Clavel D. et Annerose D.J.-M.** 1996. *Breeding groundnut for drought adaptation in Senegal*. Poster présenté à la réunion Eucarpia Plantes tropicales. Cirad, 11–15 mars 1996. Montpellier (France).
- Clavel D. et Ndoye O.** 1997. La carte variétale de l'arachide au Sénégal. Agriculture et développement, Vol. 14, p. 41–46.
- Clavel, D.** 1999. *Amélioration génétique de l'adaptation à la sécheresse de l'arachide: rapport final du projet TS3-CT93-0216*. ISRA, CIRAD, Dakar, 36 p.
- Convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC).** 2011. *Rapport de la Conférence des Parties sur sa seizième session, tenue à Cancún du 29 novembre au 10 Décembre 2010*.
- Conseil ouest et centre africain pour la recherche et le développement agricoles (CORAF).** 2018. *10 années: Les Résultats du PPAAO*. Dakar. Disponible sur: [www.waapp-ppaao.org/sites/default/files/les\\_resultats\\_du\\_ppaao\\_en\\_10\\_ans.pdf](http://www.waapp-ppaao.org/sites/default/files/les_resultats_du_ppaao_en_10_ans.pdf) (Page web consultée le 12 avril 2021).
- Direction de l'environnement et des établissements classés (DEEC).** 2017. *Inventaire et capitalisation des bonnes pratiques d'adaptation aux changements climatiques dans la zone du bassin arachidier*. Rapport d'étude, dans le cadre du Projet d'appui aux filières agricoles du Sénégal (PAFA). Dakar. 78p.
- De Rouw, A.** 1999. *Comment assurer la production de mil: jachère ou parage*. Floret & Pontanier. p. 139–152.
- Dème, A., Gaye, A. T. et Hourdin, F.** 2015. *Les projections du climat en Afrique de l'Ouest, Évidences et incertitudes*. In: Les sociétés rurales face aux changements climatiques et environnementaux en Afrique de l'Ouest, Sultan, B., Lalou, R., Amadou Sanni, M., Oumarou, A. et Soumaré, M. A. eds., IRD Éditions, p. 61–87.
- Diatta, M.** 1994. *Mise en défens et techniques agroforestières au Sine Saloum (Sénégal): Effets sur la conservation de l'eau, du sol et sur la production primaire*. Thèse, Université Louis Pasteur. Strasbourg (France).
- Dick, R. P., Diédhiou, I., Dossa, E., Kizito, F., Chapuis-Lardy, L., Ndour, B. Y., Debenport, S. J., McSpadden Gardener, B. B., Assigbetse, K. B., Bright, M., Schreiner, P., Founoune Mboup, H., Bayala, R. et Diallo, N. H.** 2015. *Optimizing rhizosphere microbiology and hydrology of shrub-intercropping for buffering climate change in the Sahel*. In: 3e Conférence scientifique mondiale sur l'Agriculture Climato-Intelligente.
- Dingkuhn, M.** 1992. *Physiological and ecological basis of varietal rice crop duration in the Sahel*. Annual Report for 1991. West Africa Rice development association, 12–22. (13). Bouake (Côte d'Ivoire).
- Diop M., Reyniers, F. N. et Sarr, B.** 2005. *Apport du photopériodisme à l'adaptation du mil à la sécheresse en milieu soudano-sahélien*. Sécheresse, Vol. 16 n°1, p. 35–40.
- Diouf, M., Sarr B., Diouf O., Bâ A. et Roy-Macauley H.** 2001. *Effet du déficit hydrique sur les réponses agrophysiologiques et l'efficacité d'utilisation de l'eau chez le maïs (Zea mays L. cv. Synthetic-C)*. Tropicultura, Vol. 19, p. 116–122.
- Diouf, O.** 2000. *Réponses agrophysiologiques du mil (Pennisetum glaucum (L.) R. Br.) à la sécheresse: influence de la nutrition azotée*. Thèse, université libre de Bruxelles. 160 p.
- Dossa, E.L., Diedhiou, I., Khouma, M., Sene, M, Badiane, A. N., Samba Ndiaye, S. A., Assigbetse, K. B., Sall, S., Lufafa, A., Kizito, F., Dick, R. P. et Saxena, J.** 2013. *Crop productivity and nutrient dynamics in a shrub-based farming system of the Sahel*. Agronomy journal, Vol. 105, p. 1 237–1 246.
- Enquête SAGA.** 2020. *Questionnaire sur l'état des lieux des connaissances pratiques sur l'adaptation au changement climatique dans le secteur de l'agriculture au Sénégal*. Produit dans le cadre du projet «Sécurité alimentaire: une agriculture adaptée» (SAGA). FAO. Dakar.
- Fall, A. et Faye, A.** 1989. *Rapport de suivi d'étables fumières dans le département de Kolda*. CRZ de Kolda, ISRA. Dakar. 50p.
- Fall, D.** 2016. *Contribution à l'amélioration de la tolérance à la salinité de Senegalia senegal (L.) Britton, Vachellia seyal (Delile) P. Hurter et Prosopis juliflora (Swartz) DC par inoculation microbienne et apport de coques d'arachide*. Thèse de doctorat. Université Cheikh Anta Diop (UCAD). Dakar.
- Fall, Y.A.** 2020. *État des lieux des connaissances, technologies et pratiques d'adaptation aux changements climatiques dans le secteur de l'agriculture au Sénégal*. Projet de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en agronomie. École national d'agriculture de Meknès. Meknès (Maroc).
- FAO.** 2008. *Catalogue ouest Africain des espèces et variétés végétales*. Rome. Disponible sur: [www.fao.org/3/i0062f/i0062f.pdf](http://www.fao.org/3/i0062f/i0062f.pdf) (Page web consultée le 29 avril 2021).

- FAO.** 2011a. *Stratégie de gestion des risques de catastrophe en Afrique de l'Ouest et au Sahel*. Rome. Disponible sur: [www.fao.org/3/i/232323f/i232323f.pdf](http://www.fao.org/3/i/232323f/i232323f.pdf) (Page web consultée le 29 avril 2021).
- FAO.** 2017. *Carbone organique du sol: une richesse invisible*. Rome. Disponible sur: [www.fao.org/3/i6937f/i6937f.pdf](http://www.fao.org/3/i6937f/i6937f.pdf) (Page web consultée le 29 avril 2021).
- FAO.** 2018. *Formation de facilitateurs de champ-école agro-pastoral. Intégration de la résilience climatique dans la production agro-pastorale pour la sécurité alimentaire dans les zones rurales vulnérables à travers l'approche des champs-écoles paysans*. Rome. Disponible sur: [www.fao.org/3/ca7790fr/CA7790FR.pdf](http://www.fao.org/3/ca7790fr/CA7790FR.pdf) (Page web consultée le 29 avril 2021).
- FAO.** 2020a. *Champs-écoles des productrices – Genre pour renforcer la résilience des productrices de la commune de Keur Socé dans la région de Kaolack au Sénégal. Étude de cas produite dans le cadre du projet «Sécurité alimentaire: une agriculture adaptée» (SAGA)*. Rome. Disponible sur: [www.fao.org/documents/card/en/c/cb1201fr](http://www.fao.org/documents/card/en/c/cb1201fr) (Page web consultée le 12 avril 2021).
- FAO.** 2020b. *État des lieux du processus du Plan national d'adaptation pour le secteur de l'agriculture au Sénégal*. Rome. Disponible sur: [www.fao.org/3/cb0297fr/CB0297FR.pdf](http://www.fao.org/3/cb0297fr/CB0297FR.pdf) (Page web consultée le 29 avril 2021).
- FAO.** 2020c. *Jardin intégré de résilience pour renforcer les capacités adaptatives et socio-économiques des femmes de la commune d'Oudalaye au Sénégal. Étude de cas produite dans le cadre du projet «Sécurité alimentaire: une agriculture adaptée» (SAGA)*. Rome. Disponible sur: [www.fao.org/documents/card/en/c/cb1389fr](http://www.fao.org/documents/card/en/c/cb1389fr) (Page web consultée le 12 avril 2021).
- Farinet, J. L., Bocquien, C. Y. et Sarr, P. L.** 1985. *Production continue de Biogaz pour la petite motorisation rurale*. IV. Résultats de la campagne de saison des pluies. DRSAEA/ISRA, IRAT/ AFME. 34 p.
- Faye, A., Camara I., Noblet et M., Mboup, S.** 2019. *Évaluation de la vulnérabilité du secteur de l'agriculture à la variabilité et aux changements climatiques dans la région de Fatick*. Rapport produit dans le cadre du projet «Appui scientifique aux processus de Plans nationaux d'adaptation dans les pays francophones les moins avancés d'Afrique subsaharienne». Climate Analytics gGmbH. Berlin.
- Futakuchi, K. et Sié, M.** 2009. *Better exploitation of African rice (Oryza glaberrima Steud.) in Varietal Development for Resource-Poor Farmers in West and Central Africa*. Agricultural Journal, n°4, p. 96–102.
- Ganry, F.** 1971. *Étude de la nitrification rhizosphérique chez Pennisetum Thyphoides dans un sol dior*. CNRA. Bambeby (Sénégal). 22 p.
- Ganry, F. et Guiraud, G.** 1979. *Mode d'application du fumier et bilan azoté dans un système mil-sol sableux du Sénégal*. Étude au moyen de l'azote 15. In: Isotopes and radiation in research on soil-plant relationships. IAEA. Vienne. p. 313–331. (Proceedings Series/IAEA) ISBN 9–0–010379–0 International Symposium on the Use of Isotopes and Radiation in Research on Soil-Plant Relationships. 11 Décembre 1978/15 Décembre 1978. Colombo (Sri Lanka).
- Ganry, F.** 1990. *Application de la méthode isotopique à l'étude des bilans azotés en zone tropicale sèche*. Thèse, Université de Nancy 1. Nancy (France). 355 p.
- Ganry, F. et Badiane A.** 1991. *Utilisation efficace des engrais pour accroître la production végétale. Efficacité de l'urée sur maïs*. In: Alleviating soil fertility constraints to increased crop production in West Africa, dir. pub. A. Uzo Mokwunye, p. 227–234.
- Ganry, F. et Guèye F.** 1991. *Fiches techniques d'étude et de préparation des composts et composts-fumier en zone soudano-sahélienne*. IRAT/CIRAD-ISRA. 12 p.
- Ganry, F. et Cisse, L.** 1994. *L'amendement organique des sols sableux: une assurance contre les préjudices de la sécheresse*. In: Bilan hydrique agricole et sécheresse en Afrique tropicale. Reyniers, F.-N., Netoyo, C. p. 253–263. Paris.
- Ganry, F. et Badiane, A.** 1998. *La valorisation agricole des fumiers et des composts en Afrique soudano-sahélienne. Diagnostic et perspectives*. Agriculture et développement. Vol. 18, p. 73–80.
- Ganry, F. et Thiurés, L.** 1998. *Intérêt des fumiers pour restaurer la fertilité des sols en zone semi-aride d'Afrique*. In: Restauration de la productivité des sols tropicaux et méditerranéens; Contribution à l'agroécologie. Roose, E. Editions IRD.
- Ganry, F., Faye A., Lericollais, A. et Sossokho, M.** 1990. *Évolution du rôle du bétail dans la gestion de la fertilité des terroirs sereer du Sénégal*. Les Cahiers de la Recherche Développement, 26.
- Gaye, A.T. et Sylla, M. B.** 2009. *Deuxième communication nationale du Sénégal sur les changements climatiques*. Scénarios du changement climatique au Sénégal, 23p.
- Garin, P., Guigo, B., et Lericollais, A.** 1999. *Les pratiques paysannes dans le Sine*. In: Paysan Sereer, dynamique agraire et mobilité au Sénégal. Edts André Lericollais, IRD, p. 209-298.



**Gautreau, J.** 1982. *Améliorations agronomiques par le développement de variétés d'arachides adaptées aux contraintes pluviométriques*. Oléagineux, Vol. 37, n°10, p. 469–475.

**Gaye, A. T. et Ndiaye, O.** 2015. *Élaboration de scénarios climatiques dans le cadre volet adaptation de la contribution prévue et déterminée au niveau national (CPDN)*.

**Groupe de Recherche et de Réalisation pour le Développement Rural (GRDR).** 2019. *Préserver le patrimoine semencier du bassin du fleuve Sénégal*. Mali, Mauritanie, Sénégal. Livret méthodologique. ISBN: 979-10-95026-08-2.

**Groupe d'experts des pays les moins avancés.** 2012. *Plans nationaux d'adaptation, Directives techniques pour le processus des plans nationaux d'adaptation*. Ministère de l'environnement et de la protection de la nature, Secrétariat de la CCNUCC, Bonn (Allemagne), <http://unfccc.int/NAP>

**Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat (GIEC).** 2007. *Bilan 2007 des changements climatiques*. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. Genève (Suisse).

**Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat (GIEC).** 2014. *Climate Change. Impacts, adaptation, and vulnerability. Part B: Regional aspects*. Contribution of working group II to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change [Barros, V.R., C.B. Field, D.J. Dokken, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 688.

**Guichard, F., Kergoat, L., Hourdin, F., Léauthaud, C., Barbier, J., Mougou, E., et Diarra, B.** 2015. *Le réchauffement climatique observé depuis 1950 au Sahel*. In: Les sociétés rurales face aux changements climatiques et environnementaux en Afrique de l'Ouest (Sultan, B., Lalou, R., Amadou Sanni, M., Oumarou, A. et Soumaré, M. A.). IRD Editions, p. 23–42.

**Guilpart, E., Tilmant, A., Bourgault, M.A. et Roy, R.** 2020. *Projections hydrologiques dans le bassin du fleuve Sénégal*. Département du génie civil et de génie des eaux, Université Laval (Canada), Consortium Ouranos. Rapport 2 produit dans le cadre du projet «Sécurité alimentaire: une agriculture adaptée» (SAGA). FAO.

**Gupta, S. C.** 1984. *Programme d'amélioration du mil : développement des pratiques culturales pour les nouvelles variétés*. In: Rapport annuel 1983-1984. ISRA, CNRA. 32 p. Bambe (Sénégal).

**Halime, M.H., Belko, N., Cissé, N., Sine, B et Ndoye, I.** 2014. *Amélioration de l'adaptation à la sécheresse chez le niébé (Vigna unguiculata (L.) Walpers)*. Journal of Applied Biosciences 77 (1); ISSN 1997–5902: 6550–6563; 10.4314 / jab.v77i0.12.

**Hall, A. E.** 2004. *Breeding for adaptation to drought and heat in cowpea*. Europ. J. Agronomy, Vol. 21, p. 447–454.

**Hamon, R.** 1968. *Modalités pratiques de fabrication du fumier. Rendements obtenus. Applications possibles en milieu rural sénégalais*. Compte rendu du Colloque sur la fertilité des sols tropicaux, Tananarive (Madagascar). 19–25 novembre 1967. Tome II. 13 p.

**Hamon, R.** 1972. *L'habitat des animaux et la production d'un fumier de qualité en zone tropicale sèche (bilan de trois années d'études)*. L'Agronomie Tropicale. Série 2, Agronomie Générale. Études Techniques. Vol. 25, n°5, p. 592–607.

**Innovation-environnement-développement en Afrique (IED).** 2011. *La combinaison des techniques de prévisions traditionnelles avec les techniques modernes peut-elle permettre aux paysans africains d'affiner leurs prévisions saisonnières?* Disponible sur: [www.iedafrique.org/Les-paysans-ont-ils-de-bons.html](http://www.iedafrique.org/Les-paysans-ont-ils-de-bons.html) (Page web consultée le 29 avril 2021).

**Institut sénégalais de recherches agricoles (ISRA).** 1999. *Rapport d'activité*. CNRA. Bambe (Sénégal).

**Institut sénégalais de recherches agricoles (ISRA).** 2018. *Homologation de nouvelles variétés d'arachide*. Disponible sur: [www.isra.sn](http://www.isra.sn) (Page web consultée le 29 avril 2021).

**Institut de Recherches pour les Huiles et Oléagineux (IRHO).** 1992. *Arachide et autres plantes annuelles*. Oléagineux, 47: 282–283.

**Journal officiel du Sénégal (JOS).** 2010. *Arrête ministériel n° 12100 en date du 30 décembre 2009 portant création, organisation et fonctionnement du Programme national de biogaz domestique du Sénégal (PNB-SN)*. JOS N° 6519 du Samedi 3 avril 2010. Disponible sur [www.jo.gouv.sn/spip.php?article7948](http://www.jo.gouv.sn/spip.php?article7948) (Page web consulté le 29 avril 2021).

**Jung, G.** 1967. *Influence de l'Acacia albida sur la biologie des sols diors*. ORSTOM, Dakar

**Kane, A.** 1999. *Restauration de la productivité des sols: Essais démonstration amendements phosphocalciques et dessalement*. Dot. ICSSENCHIM. 17 p.

**Khouma, M. et Touré, M.** 1982. *Effects of lime and phosphorus on the growth and yield of rice in acid sulfate soils of the Casamance (Senegal)*. In: DOST et al.: Proceedings of the Bangkok Symposium on acid sulfate soils. ILRI Pub. n°31, p. 237–250.

- Kizito, F., Dragila, M. I., Sène, M., Brooks, R. J., Meinzer, F. C., Diédhiou, I., Diouf, M., Lufafa, A., Dick, R. P., Selker, J. et Cuenca, R. H.** 2012. *Hydraulic redistribution by two semi-arid shrub species: implications for sahelian Agro-ecosystems*. Journal of arid environments, Vol. 83, p.69-77.
- Kizito, F., Draglia, M., Sène, M., Lufafa, A., Diédhiou, I., Dick, R. P., Selker, J. S., Diack, M., Dossa, E., Khouma, M., Badiane, A. N. et Ndiaye, S.** 2006. *Seasonal soil water variation and root patters between two semi-arid shrubs co-existing with pearl millet in Senegal, West Africa*. Journal of arid environments, Vol. 67, p. 436–455.
- Kizito, F., Sene, M., Ghezzehei, T. A., Dick, R. P., Bogie, N., Diedhiou, I. et Dragila, M.** 2017. *Shrub-crop hydrology: water balance, competition and hydraulic redistribution*. In: Shrub Intercropping symposium, Sustainable Intensification Conference, 27 avril 2017. Dakar.
- Lafarge, T., Bueno, C. S., Courtois, B. et Ahmadi, N.** 2013. *Genome-wide association analysis for heat tolerance of processes of anthesis in rice detected a large set of genes involved in adaptation to thermal stresses*. In: Seventh international rice genetics symposium, 5–8 novembre 2013, Manille (Philippines). Disponible sur: [www.researchgate.net/publication/280734916](http://www.researchgate.net/publication/280734916) *Strategies d'adaptation du riz en reponse a la chaleur au stade de la floraison* (Page web consultée le 29 avril 2021).
- Lafarge, T., Cecile, J., Balde, A., Ahmadi, N., Muller, B. et Dingkuhn, M.** 2015. *Stratégies d'adaptation du riz en réponse à la chaleur au stade de la floraison*. Disponible sur: [www.researchgate.net/publication/280734916](http://www.researchgate.net/publication/280734916) *Strategies d'adaptation du riz en reponse a la chaleur au stade de la floraison* (Page web consultée le 29 avril 2021).
- Lal, R.** 2004. *Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security*. Science, Vol. 304, n°5677, p. 1623–1627.
- Landais, E. et Lhoste, P.** 1993. *Systèmes d'élevage et transferts de fertilité dans la zone des savanes africaines. II. Les systèmes de gestion de la fumure animale et leur insertion dans les relations entre l'élevage et l'agriculture*. Cahiers Agricultures, Vol.2, p. 9–25.
- Lericollais, A.** 1972. *Sob: étude géographique d'un terroir sereer*. Paris-La Haye: Mouton, Atlas des structures agraires au sud du Sahara, n° 7, 110 p.
- Lo, H. M. et Dieng, M.** 2015. *Impact assessment of communicating seasonal climate forecasts in Kaffrine, Diourbel, Louga, Thies and Fatick (niakhar) regions in Senegal*. CCAFS. Disponible sur: [http://bit.ly/1fHC3P\\*](http://bit.ly/1fHC3P*) (Page web consultée le 29 avril 2021).
- Ly, C., Diaw, A. et Faye, A.** 1997. *Étables fumières et production laitière au Sénégal*. Cahiers agricultures, Vol. 6, p. 651–659.
- Ly, M., Traoré, S. B., Alhassane, A., et Sarr, B.** 2013. *Evolution of Some Observed Climate Extremes in the West African Sahel*. Weather and Climate Extreme, p. 19–25.
- Manley, R. J., Freschet, G. T., Abbadie, L., Barbier, B., Chotte, J.-L., Feller, C., Leroy, M. et Serpantié, G.** 2017. Chapitre 13. *Séquestration du carbone et usage durable des savanes ouest-africaines: synergie ou antagonisme*. In: Carbone des sols en Afrique: Impacts des usages des sols et des pratiques agricoles. Rome, Marseille: IRD Éditions. p. 240–254. doi:10.4000/books.irdeditions.35137
- Ministère de l'agriculture et de l'équipement rural (MAER).** 2012. *Catalogue officiel des espèces et des variétés cultivées au Sénégal*. Dakar. Disponible sur: [www.doc-developpement-durable.org/file/Culture/Agriculture/catalogues-de-semences/catalogue\\_des\\_especes\\_cultivees\\_au\\_Senegal\\_introduction.pdf](http://www.doc-developpement-durable.org/file/Culture/Agriculture/catalogues-de-semences/catalogue_des_especes_cultivees_au_Senegal_introduction.pdf) (Page web consultée le 30 avril 2021).
- Ministère en charge de l'énergie, à travers la Direction des hydrocarbures et des combustibles domestiques (DHCD).** 2010. *Programme national biogaz domestique (PNB-SN)*. Disponible sur: [www.jo.gouv.sn/spip.php?article7948](http://www.jo.gouv.sn/spip.php?article7948) (Page web consultée le 30 avril 2021).
- Morice, C. P., Kennedy, J. J., Rayner, N. A. et Jones, P. D.** 2012. *Quantifying uncertainties in global and regional temperature change using an ensemble of observational estimates: The HadCRUT4 data set*. Journal of Geophysical research, Vol. 117, p. 22.
- Moro, L. et Bloise.** 2020. *Zones d'action du processus du plan national d'adaptation*. In, Etat des lieux du processus du Plan national d'adaptation pour le secteur de l'agriculture au Sénégal. FAO, 2020. Disponible sur: [www.fao.org/3/cb0297fr/CB0297FR.pdf](http://www.fao.org/3/cb0297fr/CB0297FR.pdf) p. 9
- Ndème, M. S.** 2011. *Lutte contre la salinisation et la valorisation des terres salées dans un contexte des changements climatiques: état des connaissances et perspectives. Capitalisation de l'expérience de l'ANCAR dans l'appui conseil à la lutte contre la salinisation des rizières du département d'Oussouye (Région de Ziguinchor, Sénégal)*.



- Ndiaye, J. P.** 1999. *Utilisation du phosphogypse dans les sols de la vallée alluviale du fleuve Sénégal*. Institut sénégalais de recherches agricoles (ISRA). Dakar. 9 p.
- Ndiaye, M.** 2009. *Essai d'adaptation de la technologie du placement profond de l'urée super granulée (USG) en riziculture irriguée dans la vallée du fleuve Sénégal*. Rapport produit dans le cadre du projet IFDC/ ISRA/ADRAO/ SAED «Amélioration de l'efficience d'utilisation de l'azote par placement profond de l'urée super-granulée (USG) en riziculture irriguée». Centre de Recherches Agricoles (CRA). Saint-Louis (Sénégal). 25 p.
- Ndiaye, M. et Fall, A.A.** 2017. *La technologie du placement profond de l'urée granulée sur la culture du riz repiqué dans la Vallée du Fleuve Sénégal et le Bassin de l'Anambé*. Série Fiches Techniques, ISRA, Vol. 37, n°3. Dakar.
- Ndiaye, O., Moussa A. Seck M., Zougmore R. et Hansen J.** 2013. *Communicating seasonal forecasts to farmers in Kaffrine, Senegal for better agricultural management*. In: Hunger – Nutrition – Climate Justice 2013. A New Dialogue: Putting People at the Heart of Global Development. Conference Papers. Dublin: Irish Aid. Disponible sur: <http://bit.ly/1iz3MOI> (Page web consultée le 30 avril 2021).
- Ndong, J.B.** 1995. *L'évolution de la pluviométrie au Sénégal et les incidences de la sécheresse récente sur l'environnement*. Revue de géographie de Lyon, Vol. 70, n°3-4. Sahel, la grande sécheresse.
- Ndour, N.Y.B.** 1998. *Statut organique et microbiologique des sols dans des systèmes agroforestiers et à jachère du Sénégal*. Mémoire de Master 2 en Sciences de l'Environnement. Université Cheikh Anta Diop. Dakar.
- Ndour, N.Y.B.** 2002. *Caractérisation des habitats microbiens d'un sol ferrugineux tropical (Sénégal): Effets des modes de gestion de la jachère et de la culture*. Thèse de doctorat, en Sciences de l'Environnement. Institut des Sciences de l'Environnement. Université Cheikh Anta Diop. Dakar
- Ndour, N.Y.B., Laval, E., Mbodj, A., Diène, M.N., Sarr, M., Diagne, M.L. et Bernoux, M.** 2020. *État des lieux pour le processus d'élaboration du Plan national d'adaptation pour le secteur de l'agriculture au Sénégal*. FAO. Rome. Disponible sur: [www.fao.org/documents/card/en/c/cb0297fr](http://www.fao.org/documents/card/en/c/cb0297fr) (Page web consultée le 30 avril 2021).
- Niang, I., Ruppel, O. C., Abdrabo, M. A., Essel, A., Lennard, C., Padgham, J. et Urquhart, P.** 2014. Africa. In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contributions of the Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. White (dir. pub.), p. 1199-1265. Disponible sur: [www.researchgate.net/publication/309475977](http://www.researchgate.net/publication/309475977) (Page web consultée le 30 avril 2021).
- Noblet, M., Seck, A., Tovivo, K. et D'Haen, S.** 2018. *Évaluation des références aux changements climatiques et de leur base scientifique dans les politiques et stratégies au Sénégal*. Rapport produit dans le projet «Appui Scientifique aux processus de Plans Nationaux d'Adaptation dans les pays francophones les moins avancés d'Afrique subsaharienne». Climate Analytics gGmbH. Berlin.
- Noblet, M., Faye, A., Camara, I., Seck, A., Sadio, M. et Bah, A.** 2019. *État des lieux des connaissances scientifiques sur les changements climatiques pour les secteurs des ressources en eau, de l'agriculture et de la zone côtière*. Rapport produit dans le projet «Appui Scientifique aux processus de Plans Nationaux d'Adaptation dans les pays francophones les moins avancés d'Afrique subsaharienne» (PAS-PNA). Climate Analytics gGmbH. Berlin.
- Organisation météorologique mondiale (OMM).** 2020. *État du climat en Afrique en 2019*. Collection et série: OMM-No. 1253.
- Pélicier, P.** 1966. *Les paysans du Sénégal. Les civilisations agraires du Cayor à la Casamance*. Imprimerie Fabrègue. Saint-Yrieix-la-Perche (France).
- Pochier, G.** 1975. *Principaux résultats de l'expérimentation multifocale et de l'application de la recherche au Sénégal: campagne 1974-1975*. CNRA. Bambey (Sénégal). 30 p.
- Portères, R.** 1950. *L'assolement dans les terres à Arachides du Sénégal. Revue internationale de botanique appliquée et d'agriculture tropicale, 30 année, bulletin n°327 328, p. 44–50*. Disponible sur: <https://doi.org/10.3406/jatba.1950.6292> (Page web consultée le 30 avril 2021).
- Poulain, J. F. et Dancelte C.** 1968. *Influence de l'Acacia albida sur les facteurs pédoclimatiques et sur les rendements des cultures. Le point de vue de l'agronome*. Haute-Volta, IRAT. Bambey (Sénégal).
- Poulain, J.F.** 1984. *Quelques réflexions sur les problèmes de recherche et de développement en matière de cultures vivrières en Côte-d'Ivoire*. IDESSA. Abidjan. 25p.

**Programme de productivité agricole pour l'Afrique de l'ouest (PPAAO/WAAPP).** 2021. *Base de données nationale sur les techniques agricoles et les connaissances scientifiques*. Disponible sur: [www.waapp-ppaao.org/senegal/BD-AGRICOLE/](http://www.waapp-ppaao.org/senegal/BD-AGRICOLE/) (Page web consultée le 30 avril 2021).

**Reboud, X.** 2019. *Le lien entre agriculture et biodiversité : ce qui a bougé sur le plan de la société, des idées, de la réflexion entre 2008 et 2018*. Innovations Agronomiques, INRAE, Vol. 75, p. 1–14.

**Richard, C., Bonneville, J. et Olivier, A.** 2020. *Rapport sur le bilan et analyse des interventions et expérimentations agroforestières en regard de leur potentiel à contribuer à l'adaptation aux changements climatiques au Sénégal*. Groupe interdisciplinaire de recherche en agroforesterie (GIRAF) de l'Université Laval. Rapport produit dans le cadre du projet «Sécurité alimentaire: une agriculture adaptée» (SAGA), FAO.

**Roupsard, O., Jourdan, C., Cournac, L., Tall, L., Ndour, Y.B., Gaglo, E. K., Demarchi, G., N'Dienor, M., Diatte R., Audebert, A., Faye E., Kergoat, L., Timouk, F., Grippa, M., Gangneron, F., Orange, D., Faye, W., Fall, A.N. et Do, F.C.** 2018. *Faidherbia-Flux: a new long-term Collaborative Observatory on GHG fluxes and ecosystem services in a semi-arid agro-silvo-pastoral ecosystem (groundnut basin in Niakhar/Sob, Senegal)*. AMMA-CATCH. Observatories of the critical zone in Africa: Current issues and findings. Niamey (Niger).

**Ruelle, P., Séne, M., Juncker, E., Diatta, M. et Perez, P.** 1990. *Défense et restauration des sols*. Fiches Techniques, ISRA, Vol. 1, n°1. Dakar.

**Rusch, E. et Sarr, P. L.** 1986. *Production continue de Biogaz pour la petite motorisation rurale*. V. Résultats de la campagne de saison des pluies. ISRA, CIRAD, AFME, IRAT. 84p.

**Sadio, M., Seck, A., Noblet, M. et Camara, I.** 2019. *Évaluation de la vulnérabilité du secteur de la zone côtière à la variabilité et aux changements climatiques dans la région de Fatik*. Rapport produit dans le cadre du projet «Appui Scientifique aux processus de Plans Nationaux d'Adaptation dans les pays francophones les moins avancés d'Afrique subsaharienne», Climate Analytics gGmbH. Berlin.

**Sagna-Cabral, M.** 1988. *Utilisation et gestion de la matière organique d'origine animale dans un terroir du centre nord Sénégal: cas du village de Ndiamsil-Sessène*. Mémoire d'étude. Dijon (France). 45p.

**Salack, S., Klein, C., Giannini, A., Sarr, B., Worou, O. N., Belko, N., Bliefernicht, J. et Kunstman, H.** 2016. *Global warming induced hybrid rainy seasons in the Sahel*. Environmental Research Letters, Vol. 11, n°10, p. 1.

**Salack, S., Muller, B., Gaye, A. T., Hourdin, F. et Cisse, N.** 2012. *Analyses multi-échelles des pauses pluviométriques au Niger et au Sénégal*. Sécheresse, Vol. 23, p. 3-13.

**Sall, M.** 2015. *Les exploitations agricoles familiales face aux risques agricoles et climatiques: stratégies développées et assurances agricoles*. Économies et finances. Thèse. Université Toulouse le Mirail – Toulouse II. Toulouse (France).

**Samba, A. N. S.** 1997. *Influence de Cordyla pinnata sur la fertilité d'un sol ferrugineux tropical et sur le mil et l'arachide dans un système agroforestier traditionnel au Sénégal*. Thèse. Université Laval. Québec (Canada). 186 p.

**Samba, A. N. S., Camiré, C. et Margolis, H.** 2001. *Allometry and rainfall interception of Cordyla pinnata in a semi-arid agroforestry parkland, Senegal*. Forest Ecology and Management, Vol. 154, p. 277–288.

**Sanogo D, Ky-Dembele C, Zougmore R, Ndiaye O, Dayamba SD, Bayala J, Ouedreogo M, Diop M, Camara BA et Partey S.** 2016. *Développer un village climato-intelligent pour réduire les risques climatiques et l'insécurité alimentaire à Daga-Birame, Sénégal*. Guide de visite terrain. Copenhague, Danemark: Programme de recherche du CGIAR sur le changement climatique, l'agriculture et la sécurité alimentaire (CCAFS).

**Sanogo, D., Sall, M., Ba, H. S., Camara, B. A., et Diatta, P. M.** 2019. *Les utilisateurs des terres de Kaffrine gagnent à investir dans des pratiques de gestion plus durables. Exemple du village climato-intelligent de Daga Birame et sa plateforme d'innovation*. Rapport produit dans le cadre de l'initiative ELD dans le cadre du projet «Inverser la dégradation des terres en Afrique par l'adoption à grande échelle de l'agroforesterie». Disponible sur: [www.eld-initiative.org/fileadmin/pdf/ELD-4-Senegal-ISRA-web.pdf](http://www.eld-initiative.org/fileadmin/pdf/ELD-4-Senegal-ISRA-web.pdf) (Page web consultée le 30 avril 2021).

**Sarr, P. L. et Garry F.** 1985. *L'utilisation des composts CID sur la culture maraîchère de la tomate et leur arrière effet sur le mil*. L'Agronomie Tropicale, 40 (1): 21–25.

**Seck, D., Lognay, G., Haubruge, E., Marlier, M. et Gaspar, C.** 1996. *Alternative protection of cowpea seeds against Callosobruchus maculatus (F.) (Col.: Bruchidae) using hermetic storage alone or in combination with Boscia senegalensis (Pers.) Lam ex Poir*. Journal of Stored Product Research, Vol. 32, p. 39–44.



**Services de l'énergie en milieu sahélien (SEMIS).** 2013.

*Étude d'établissement d'une base de référence pour le projet Biogaz.* Rapport produit dans le cadre du Programme de Structuration du Marché des Boues de Vidange en faveur des ménages démunis de Pikine et Guédiawaye (PSMBV). Dakar.

**Sönnert, E.** 2014. *Prediction of the Start of the Rainy Season in West Africa.* Dans: Examensarbete vid Institutionen för geovetenskaper, 282, 59p.

**Sylla, M. B., Nikiema, P. M., Gibba, P., Kebe, I. et Klutse, N.**

**A. B.** 2016. *Climate Change over West Africa: Recent Trends and Future Projections.* In: Yaro, J. A. et Hesselberg, J. (dir. pub.), *Adaptation to Climate Change and Variability in Rural West Africa.* Doi: 10.1007/978-3-319-31499-0\_3.

**Touré, S. M.** 2012. *L'impact socio-économique de la recherche agronomique en milieu rural: cas du CNRA de Bambey dans son arrière-pays immédiat.* Mémoire de Master 2: économie rurale. Université Cheikh Anta Diop (UCAD). Dakar. 71p.

**Union internationale pour la conservation de la nature**

**(IUCN).** 2011. *Rapport synthèse des études de capitalisation des connaissances, pratiques, stratégies et technologies locales d'adaptation au changement climatique au Burkina Faso, Mali et Sénégal.* Produit dans le cadre du projet «Intégration de l'adaptation au changement climatique dans les stratégies de réduction de la pauvreté en Afrique de l'Ouest». Disponible sur: [www.iucn.org/sites/dev/files/import/downloads/rapport\\_synthese\\_strategies\\_adaptation\\_vf.pdf](http://www.iucn.org/sites/dev/files/import/downloads/rapport_synthese_strategies_adaptation_vf.pdf) (Page consultée le 12 avril 2021).

**Van Oort P.A.J. et Zwart S.J.** 2018. *Impacts of climate change on rice production in Africa and causes of simulated yield changes.* Glob Chang Biol. 24(3):1029-1045. doi: 10.1111/gcb.13967.

**Wade, M. et Faye, I.** 1995. *Un système d'amélioration de la riziculture de submersion en Basse-Casamance.* Dans: Colloque sur les rizicultures ouest-africaines. Bordeaux (France).

**Watt, A.** 2020. *Carte des zones agroécologiques du Sénégal.* Fonds DTGC, Projection: 28 Nord WGS84. FAO. Dakar.

**WASCAL Data Infrastructure (WADI).** 2021. *WASCAL Data Discovery Portal.* [https://wascal-dataportal.org/wascal\\_searchportal2/](https://wascal-dataportal.org/wascal_searchportal2/) (Page web consultée le 12 avril 2021).





REPRÉSENTATION DE LA FAO AU SÉNÉGAL

Ndeye.Ndour@fao.org

FAO-SN@fao.org

Dakar, Sénégal

OFFICE OF CLIMATE CHANGE, BIODIVERSITY AND ENVIRONMENT

Awa.Mbodj@fao.org

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS

Rome, Italy

*Un partenariat technique et financier avec*

**Québec** 

ISBN 978-92-5-134779-9



9 789251 347799

CB5969FR/1/09.21