



USAID
FROM THE AMERICAN PEOPLE

ADAPTATION DE L'AGRICULTURE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE AU SAHEL :

UNE APPROCHE D'ÉVALUATION DE LA PERFORMANCE DES PRATIQUES AGRICOLES

JUILLET 2014

La rédaction du présent rapport a été rendue possible grâce au soutien du peuple américain par le biais de l'Agence des États-Unis pour le développement international (USAID). Son contenu relève de la seule responsabilité de Tetra Tech ARD et ne représente pas nécessairement les points de vue de l'USAID ou du gouvernement américain.

ARCC



African and Latin American
Resilience to Climate Change Project

Le présent rapport a été élaboré dans le cadre d'un contrat de sous-traitance avec la Michigan State University, Département de l'agriculture, l'alimentation et de l'économie des ressources, par Brent M. Simpson, par le biais d'un contrat de sous-traitance avec Tetra Tech ARD.

La présente publication a été réalisée pour l'Agence des Etats-Unis pour le développement international (USAID) par Tetra Tech ARD dans le cadre du Contrat à Quantité Indéterminée Prospérité, Moyens de subsistance et Conservation des écosystèmes [Prosperity, Livelihoods, and Conserving Ecosystems (PLACE)], contrat USAID No. AID-EPP-I-00-06-00008, ordre de service No. AID-OAA-TO-11-00064).

Contacts Tech ARD :

Patricia Caffrey

Chef de mission

Résilience africaine et latino-américaine au changement climatique (ARCC)

Burlington, Vermont

Tél.: 802.658.3890

Patricia.Caffrey@tetratech.com

Anna Farmer

Chef de projet

Burlington, Vermont

Tél.: 802.658.3890

Anna.Farmer@tetratech.com

ADAPTATION DE L'AGRICULTURE AU CHANGEMENT
CLIMATIQUE DANS LE SAHEL :

UNE APPROCHE D'ÉVALUATION DE LA PERFORMANCE DES PRATIQUES AGRICOLES

RESILIENCE AFRICAINE ET LATINO-AMERICAINE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE
(ARCC)

JUILLET 2014

TABLE DES MATIERES

ACRONYMES ET ABREVIATIONS	iii
A PROPOS DE CETTE SERIE	iv
RAPPORT SOMMAIRE	vi
1.0 APERCU DES PRATIQUES AGRICOLES D'ADAPTATION DANS LE SAHEL	1
2.0 LES TROIS ELEMENTS DE L'APPROCHE PROPOSEE	2
3.0 ELEMENT 1 : DEFINITION DES PARAMETRES CLIMATIQUES FUTURS	4
3.1 PARAMETRES CLIMATIQUES	4
3.2 PARAMETRES GEOGRAPHIQUES	7
3.3 DETERMINATION DE LA PERIODE D'ETUDE	8
3.4 ETAPE PAR ETAPE : DEFINITION DES PARAMETRES CLIMATIQUES FUTURS	8
4.0 ELEMENT 2 : DEFINITION DES OBJECTIFS D'ADAPTATION	11
4.1 IDENTIFICATION DES PRATIQUES	11
4.2 ETAPE PAR ETAPE : IDENTIFICATION DES PRATIQUES D'ADAPTATION	13
5.0 ELEMENT 3 : DEFINITION DES METHODES D'EVALUATION	16
5.1 EVALUATION TECHNIQUE	17
5.2 RENTABILITE AGRICOLE	19
5.3 EVALUATION SOCIALE/DU COMPORTEMENT	19
5.4 ANALYSE D'UN CONTEXTE PLUS GENERAL	20
5.5 ETAPE PAR ETAPE : DEFINITION DES METHODES D'EVALUATION POUR UNE APPRECIATION DES PRATIQUES SPECIFIQUES	20
6.0 ENCHAINEMENT DE L'EVALUATION PREALABLE	23
7.0 REFERENCES	25
ANNEXE A. EXEMPLES DE QUESTIONS PROVENANT D'UN MODELE DE COLLECTE DE DONNEES	28

ACRONYMES ET ABREVIATIONS

AFFPM	Analyse Forces, Faiblesses, Possibilités et Menaces
ACE	Analyse coût-efficacité
ACB	Analyse coûts-bénéfices
AMC	Analyse multicritères
ARCC	Résilience africaine et latino-américaine au changement climatique
CAN	Aménagement en Courbes de Niveau
CC	Changement climatique
CCAFS	Programme de recherche sur le changement climatique, l'agriculture et la sécurité alimentaire
CGIAR	Groupe consultatif pour la recherche agricole internationale
DIARPA	Diagnostic Rapide Pré-Aménagement
DSSAT	Système d'appui à la prise de décisions pour les transferts agrotechnologiques
EPIC	<i>Erosion-Productivity Impact Calculator</i>
FEER	Fonds de l'eau et de l'équipement rural
FMNR	Régénération naturelle gérée par les agriculteurs
GIEC/RE5	Rapport d'évaluation numéro 5 du Groupe intergouvernemental d'experts pour l'évolution du climat
ICRISAT	Institut international de recherches sur les cultures des zones tropicales semi-arides
MCG	Modèle de circulation générale
MCC	<i>Millennium Challenge Corporation</i>
MOS	Teneur en Matière organique du sol
SRI	Système de riziculture intensive
ONG	Organisation non gouvernementale
PDS	Pierres Dressées avec Sous-Solage
RAISE Plus	Rural Agricultural Income and Sustainable Environment Plus Program
TSM	Températures de la surface de la mer
USAID	Agence des Etats-Unis pour le développement international
ZCIT	Zone de Convergence intertropicale

A PROPOS DE CETTE SERIE

ETUDES SUR LA VULNERABILITE ET L'ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE EN AFRIQUE DE L'OUEST

Le présent document fait partie d'une série d'études publiées par le projet Résilience africaine et latino-américaine au changement climatique (ARCC) visant à répondre aux besoins d'adaptation au changement climatique en Afrique de l'Ouest. Dans le cadre des études ARCC pour l'Afrique de l'Ouest, le présent document fait partie de la sous-série portant sur l'Adaptation de l'agriculture au changement climatique dans le Sahel. L'ARCC a également produit une sous-série sur le Changement climatique et les ressources en eau d'Afrique de l'Ouest, le Changement climatique et les conflits en Afrique de l'Ouest et le Changement climatique au Mali.

SOUS-SERIE SUR L'ADAPTATION DE L'AGRICULTURE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE AU SAHEL

A la demande de l'Agence des Etats-Unis pour le développement international (USAID), l'ARCC a engagé une série d'études sur le Sahel à l'effet d'améliorer la compréhension des impacts potentiels du changement climatique sur la productivité agricole au Sahel et d'identifier les moyens d'appui à l'adaptation à ces impacts. Entre autres documents de la série sur l'adaptation de l'agriculture au changement climatique au Mali, l'on compte : *Une approche de la sélection phénologique*, *Profils des pratiques de gestion agricole*, *Profils agronomiques de quinze cultures dominantes au Sahel*, *Impacts prévus sur les ravageurs et les maladies des cultures* et *Impacts prévus sur les ravageurs et les maladies du bétail*. Deux documents réalisés dans le cadre de la sous-série sur le changement climatique au Mali sont également liés à la présente étude : *Conclusions relatives à l'adaptation* et *Modélisation de l'impact des pratiques agricoles adaptatives*.

UNE APPROCHE D'EVALUATION DE LA PERFORMANCE DES PRATIQUES AGRICOLES

Le programme ARCC a élaboré Une approche d'évaluation de la performance des pratiques agricoles en parallèle avec le document Une approche de la sélection phénologique. L'objectif de cette dernière étude était d'élaborer et de décrire une approche permettant d'utiliser la sélection phénologique pour mieux comprendre les éventuels impacts des variations des précipitations et de la température sur la productivité agricole au Sahel. Dans la présente étude, l'ARCC répond à une requête parallèle de l'USAID visant l'élaboration d'une approche permettant de mieux comprendre l'efficacité des mesures d'adaptation qui sont actuellement en cours d'adoption par les producteurs ruraux au Sahel, ainsi que les impacts potentiels du changement climatique sur cette efficacité.

L'approche décrite dans le présent document propose trois composantes de base pour une évaluation des pratiques d'adaptation : la définition des changements climatiques prévus et des objectifs d'adaptation et l'identification des pratiques à évaluer et enfin l'évaluation des pratiques définies. Des études plus approfondies de l'ARCC dans la série Adaptation de l'agriculture au changement climatique au Sahel complète les éléments de l'approche propre à un lieu précis dans la région de Mopti au Mali. Les Profils des pratiques de gestion agricole contribuent à la définition des objectifs d'adaptation et les *Conclusions relatives à l'adaptation* ont permis d'identifier les pratiques à évaluer. Enfin, l'étude de *Modélisation de l'impact des pratiques agricoles adaptatives* met en œuvre une forme d'évaluation technique

des pratiques. Dans la présente étude, les chercheurs présentent le processus et les résultats d'une initiative de modélisation des impacts du changement climatique sur la productivité des cultures et quatre pratiques agricoles correspondantes effectuées sur quatre types de sol dans la région de Mopti au Mali.

RAPPORT SOMMAIRE

Le changement climatique (CC) aura des impacts sur la performance des systèmes agricoles à travers le monde entier. Dans des lieux différents, certaines pratiques vont s'avérer moins utiles et d'autres plus efficaces. La compréhension des impacts de ces changements sur l'agriculture est importante pour les gouvernements, les bailleurs de fonds, les institutions de recherche et autres organisations qui investissent pour aider les agriculteurs à s'adapter aux pratiques agricoles en réponse aux conditions météorologiques changeantes.

L'évaluation de l'adaptation de l'agriculture est un domaine de recherche potentiellement vaste. L'on compte parmi les facteurs qui favoriseront le succès des mesures d'adaptation : le commerce international, les politiques nationales, les grands projets d'infrastructure, la force et le fonctionnement des organisations de recherche et de vulgarisation et les structures sociales entre autres. Ce document met l'accent sur l'évaluation des outils et des techniques de gestion qui proposent aux agriculteurs des alternatives viables pour adapter leurs systèmes agricoles en réponse aux facteurs de stress biophysiques du CC. Il propose une approche d'évaluation de la capacité d'adaptation des pratiques encouragées¹ afin d'assister les agriculteurs au sud du Sahel et dans les zones subsahariennes (400–750 mm de précipitations)², en réponse au léger accroissement du niveau des précipitations, à l'élévation des températures (.5–1.0 C) et à la fréquence des événements extrêmes (inondations, sécheresses et vagues de chaleurs) prévus à l'horizon 2025.

Le présent document fait la revue de la littérature disponible à ce jour et présente un cadre général ainsi que des étapes précises pour procéder à une évaluation fondée sur les faits de la performance des pratiques agricoles fréquemment encouragées en vue de faire face aux changements climatiques prévus au Sahel. L'approche proposée est structurée en trois étapes :

1. Définition des caractéristiques majeures des futures conditions climatiques (2025) et des facteurs de stress auxquels les pratiques agricoles d'adaptation doivent faire face ;
2. Identification des pratiques d'adaptation à évaluer en créant des "profils d'adaptation" pour chaque pratique, définir les objectifs d'adaptation des agriculteurs et prioriser les pratiques d'évaluation ;
3. Choix/élaboration des procédures d'évaluation pour les différentes classes de pratiques et évaluation de la capacité de réponse des pratiques d'adaptation en vue d'anticiper les CC.

¹ Le terme "pratique(s) d'adaptation" est utilisé tout au long du présent rapport pour désigner l'ensemble des outils, des techniques ainsi que des options de gestion proposés et développés par les agriculteurs comme moyens permettant d'adapter les systèmes agricoles en réponse au changement climatique.

² Ces zones sont choisies du fait qu'elles représentent les régions les plus touchées par l'insécurité sur le plan climatologique, où l'agriculture pluviale est prédominante. Si la culture est effectuée dans les régions recevant moins de 400 mm de précipitations annuelles (par exemple au nord du Sahel, 250–400 mm), l'activité est en baisse à mesure qu'on se dirige vers les régions plus sèches.

I.0 APERCU DES PRATIQUES AGRICOLES D'ADAPTATION AU SAHEL

L'agriculture au Sahel est par nature diverse, complexe, exposée aux aléas, et les agriculteurs de la sous-région ont longtemps cherché des mécanismes pour faire face aux conditions environnementales. Selon le lieu et le moment de l'année, ils sont confrontés soit à l'humidité soit aux facteurs limitant la fertilité de sols comme principaux défis à relever (Brower et Bouma, 1997). La majorité des techniques de production à dominante cultures élaborées et enrichies ciblent en général ces facteurs contraignants et peuvent habituellement être divisées en trois catégories capables de faire face aux facteurs de stress – rétention d'humidité, approvisionnement en eau supplémentaire et amélioration de la fertilité des sols. Plusieurs des techniques contribuent à plus d'une fonction principale tandis que d'autres représentent des solutions technologiques composées de plusieurs pratiques liées. Comme exemples, l'on peut citer : labour suivant les courbes de niveau, fosses zai, barres rocheuses, barrages de correction, application du compost et du fumier et agriculture de conservation.

La liste n'est pas statique. Historiquement, les agriculteurs ont toujours été la principale source de pratiques d'adaptation au sein de la sous-région (Simpson, 1999). Ils continueront probablement à diriger le développement de pratiques supplémentaires à mesure que d'autres impacts du changement climatique (CC) se matérialisent.

2.0 LES TROIS ELEMENTS DE L'APPROCHE PROPOSEE

Historiquement, nombre d'actions ont été entreprises pour développer des méthodes de recherche dans l'optique d'évaluer les innovations agricoles. Les méthodes formelles incluent l'utilisation des techniques suivantes :

- Modélisations de cultures, de sols et hydrologiques ;
- Essais en station ou dans les champs gérés par les chercheurs, essais dans les champs gérés par les agriculteurs, essais en station gérés par les chercheurs et évalués par les agriculteurs ;
- Essais dans différents lieux aux niveaux sous-régional et national (utilisés dans l'évaluation de la performance hors station des variétés de culture relatives aux différents stress et la détermination des domaines de recommandation) entre autres.

La diversité des méthodes d'évaluation traduit les multiples objectifs que doivent atteindre les nouvelles techniques agricoles (voir tableau 2.1).

TABLEAU 2.1. OBJECTIFS DE RECHERCHE ET METHODES D'EVALUATION

Objectifs de recherche	Exemples de méthodes
Bénéfices des exploitations agricoles en hausse	Budgétisation partielle ou globale des exploitations
Accroissement de la productivité ou réduction des pertes	Essais en parcelles, en station et sur le terrain
Réduction de l'utilisation des ressources rares	Modélisation de l'irrigation déficitaire
Réduction des impacts environnementaux néfastes	Evaluations d'impact environnemental
Atteinte des objectifs d'équité	Evaluations de la contribution des femmes

La suite du document met l'accent sur l'évaluation du potentiel d'adaptation des pratiques destinées à l'atténuation de l'impact du CC sur les réponses biophysiques des cultures. Par conséquent, cette approche n'est qu'une partie des éléments de l'évaluation globale qui devront être pris en compte avant toute décision d'investissement. Elle exclut en particulier l'évaluation des facteurs de mise en contexte qui résident au-delà du centre d'intérêt immédiat sur le terrain, dans les champs, dans la zone agroécologique, de la chaîne de valeur des produits ou à l'échelle nationale, souvent hors du secteur agricole. De tels facteurs externes peuvent avoir une influence considérable sur la viabilité immédiate ou à long terme de l'intervention finalement choisie.

L'approche proposée est structurée selon les trois éléments suivants :

1. **Les paramètres climatiques futurs** : La première tâche concerne la détermination des climats futurs potentiels auxquels les pratiques agricoles doivent s'adapter et la période y afférente. L'élaboration de scénarios climatiques fondés sur les faits est essentielle pour énoncer un principe concret des mécanismes de forçage par rapport auxquels la relative "faculté d'adaptation" des différentes pratiques est mesurée. Les indices de CC de premier ordre sont les paramètres liés à la météorologie tels que les températures (diurnes/nocturnes élevées ou basses) et les schémas des précipitations (volumes interannuels et répartition intrasaisonnière). Ces derniers peuvent inclure les valeurs interprétées telles que la "saisonnalité" et les "événements extrêmes" impliquant la définition de ce qu'on entend par "saison", "sécheresse", "excessif" etc., ainsi que le début prévu de ces conditions climatiques. L'aptitude à évaluer avec précision cette faculté d'adaptation des pratiques alternatives améliorera la précision et la spécificité de ces paramètres climatiques.
2. **Objectifs d'adaptation** : Le deuxième élément essentiel de l'évaluation de l'adaptation implique la définition du critère utilisé pour répondre à la question "comment peut-on savoir si l'adaptation est réussie ?". Incorporé à cette question, le problème du point de vue à considérer pour déterminer les objectifs se pose : celui des agriculteurs, des chercheurs, des décideurs ou des bailleurs de fonds. La définition de ce qu'on entend par "adaptation", qui peut paraître réductrice à première vue, n'en est pas moins cruciale étant donné qu'elle établit les mesures par rapport auxquelles les techniques et les pratiques sont évaluées. Les critères peuvent être les changements physiques de premier ordre comme une infiltration d'humidité accrue ; les changements biophysiques de deuxième ordre comme les réponses des cultures aux changements physiques ou encore, les mesures tertiaires comme les changements dans la rentabilité de l'agriculture. En général, plus on évolue dans la chaîne d'impact (du sol aux cultures et à l'agriculture) plus des variables supplémentaires sont impliquées et plus grande est la difficulté d'attribution. En plus, les agriculteurs évaluent également les innovations par rapport à d'autres facteurs (risques, ressources, demandes, considérations liées au droit de jouissance, etc.). Ainsi l'inclusion de ces agriculteurs dans l'élaboration des objectifs d'évaluation est cruciale si l'on veut que les techniques choisies suscitent une adoption généralisée.
3. **Méthode(s) d'évaluation** : Le troisième élément requis concerne la/les méthode(s) de sélection utilisée(s) pour examiner la "qualité de l'adéquation" des techniques spécifiques par rapport aux conditions climatiques et à l'objectif/aux objectifs d'adaptation. Les choix (influencés par le temps et les moyens financiers) influant sur l'étendue et la qualité des résultats de l'évaluation devront être faits.

Ces éléments sont étudiés successivement dans les sections suivantes.

3.0 ELEMENT I : DEFINITION DES PARAMETRES CLIMATIQUES FUTURS

3.1 PARAMETRES CLIMATIQUES

3.1.1 Changement climatique prévu au Sahel

Les caractéristiques spécifiques du CC en Afrique de l'Ouest ont été étudiées en détail dans les publications précédents du programme Résilience africaine et latino-américaine au changement climatique (ARCC) et ailleurs (Baptista et al., 2013 ; Jalloh et al., 2013). Pour résumer, il existe peu ou pas du tout d'endroits sur la planète qui présentent autant de défis complexes en termes de compréhension du schéma des précipitations. Les précipitations au Sahel sont principalement provoquées par les mouvements annuels nord-sud de la Zone de convergence intertropicale (ZCIT) détournant l'humidité du Golfe de Guinée vers l'intérieur (vers le nord), et sont ensuite soumises à l'action du courant-jet africain d'Est et les vagues qui l'accompagnent pour enfin provoquer des épisodes de tempête. Le mouvement de l'humidité vers le nord à destination du continent par la ZCIT est davantage influencé par les températures de la surface de la mer (TSM) de l'Atlantique tropicale par rapport aux autres océans, le Pacifique en particulier. Les TSM de l'Atlantique sont en retour influencées par la Circulation méridienne de retournement de l'Atlantique et l'Oscillation nord atlantique alors que les TSM du Pacifique sont influencées par l'Oscillation australe El Niño et des cycles décennaux de refroidissement-réchauffement plus longs (Kosaka et Xie, 2013). D'autres théories ont été proposées impliquant le probable effet d'"atténuation" dérivé de la pollution particulaire à l'hémisphère nord entraînant un refroidissement des TSM (Giannini et al., 2013). Côté terre, les influences supplémentaires exercées par les circulations anticyclones des Açores et de la Libye sont jugées responsables des différences observées dans les effets de répartition des précipitations à l'est et à l'ouest du Sahel (Lebel et Ali, 2009). Des épisodes de tempêtes séparés, la répartition saisonnière des précipitations et les tendances décennales émergent de l'influence de ces forces individuelles prises en combinaison et en séquence, auxquelles le forçage du changement climatique anthropique est appliqué.

SUR LE TERRAIN

Au niveau des fermes et des champs en zone sahélienne, l'expérience des agriculteurs en matière de conditions météorologiques est davantage modifiée par les microvariations des types de sol, les données du terrain influençant la teneur en matière organique du sol, les influences topographiques sur les ruissellements et la concentration du flux de surface ; l'influence des associations agroforestières ; les microclimats et les variations annuelles locales de la répartition des précipitations en termes de quels terrains reçoivent quel volume de précipitations et à quel moment de l'année agricole.

Etant donné la nature fortement dynamique du système climatique d'Afrique de l'Ouest, avec des effets de compensation et de renforcement dus à l'amplitude des diverses forces à plus grande ou à plus petite

échelle, à court ou à long terme, la modélisation et la prédiction des futures tendances des précipitations dans la sous-région est à la fois complexe et limitée à cause de l'état actuel des connaissances. Les initiatives de modélisation qui ont recours aux meilleures pratiques en utilisant nombre de modèles de circulation générale ont débouché sur un écart entre les prévisions d'augmentation et de baisse des précipitations (par exemple Jalloh et al., 2013). Cette conclusion ne s'applique pas aux températures. Dans ce cas, les initiatives de modélisation sont unanimes quant à la prévision d'élévations considérables de la température, la seule différence étant le taux d'élévation (par exemple Lobell, 2011). Des études antérieures ont prévu des élévations de la température de 1 °C - 2,5 °C d'ici à la moitié du siècle tandis que des études plus récentes prévoient des hausses doubles en amplitude, 2,5 °C - 5 °C (Battisti et Naylor, 2009; Gourdjji et al., 2013). Le ralentissement du taux d'élévation des températures de la surface de la mer au cours de la dernière décennie est considéré lié à un plus long cycle de refroidissement à l'est du Pacifique (Kosaka et Xie, 2013).

Selon les estimations, une atténuation de ce refroidissement entraînerait probablement une élévation plus rapide des températures pendant sa phase de réchauffement. Cette élévation de température s'accompagnerait d'impacts sur les schémas des précipitations. D'après le cinquième rapport d'évaluation du Groupe intergouvernemental d'experts pour l'évolution du climat (GIEC/RE5, 2013) récemment publié, il y aura probablement des variations régionales considérables dans les tendances générales qui influent sur les changements au niveau des températures et des précipitations. Des études locales à l'instar de Traore et al. (2013) au Sud Mali indiquent que ce phénomène est déjà en train de se produire, tenant pour illustration les élévations des températures journalières moyennes de saison pour la période 1965-2005 de .4 °C et 2,4 °C respectivement, pour les deux stations météorologiques utilisées dans la présente étude.³ La moyenne des températures minimale et maximale enregistrées montre une élévation de 1,4 °C au cours de la période, soit d'environ 50 pourcent plus grande que l'élévation des températures moyennes à la surface des terres pour la même période (GIEC/RE5, 2013).

Les résultats d'autres évaluations (GIEC/RE5, 2013 ; Jalloh et al., 2013) montrent que les impacts prévus ne seront probablement pas très loin des tendances générales ci-après :

- 2025 : légère augmentation potentielle du niveau des précipitations annuelles reflétant une continuation de la tendance décennale actuelle, élévation modérée des températures (.5-1 C), et une augmentation constante de la fréquence des événements extrêmes (inondations, sécheresses et vagues de chaleur).
- 2050 : aucune tendance prévisible des schémas des précipitations, hausse considérable des températures (2,5 °C - 4,5 °C), forte augmentation de la fréquence des événements extrêmes (sécheresses, inondations et vagues de chaleur).

3.1.2 Impacts prévus du réchauffement sur la productivité agricole au Sahel

Les impacts des tendances de réchauffement constant pour l'agriculture sahélienne incluent :

1. **Les impacts liés à l'évapotranspiration.** Des températures plus élevées entraîneront des taux accrus de perte d'humidité à travers une évapotranspiration potentielle, de sorte que les niveaux de précipitations statiques, ou même en légère hausse, pourraient être amplement neutralisés par une

³ Il existe également une variance considérable entre les deux données météorologiques. L'une des stations enregistre une variation de - 4 °C dans les températures moyennes élevées tandis que l'autre enregistre une hausse de .8 °C, un écart de 1,2 °C. Une telle variance souligne la tension entre les "pratiques d'adaptation" du point de vue de la recherche fondée sur les moyennes calculées à partir d'un échantillon large et les réalités telles que vécues par les agriculteurs se trouvant dans des endroits spécifiques au site.

perte d'humidité accrue à travers des pertes plus élevées en évaporation. Certes la transpiration accrue de la plante, associée aux températures plus élevées, pourrait être compensée par sa réponse physiologique au taux accru de CO₂ dans certaines cultures, entraînant une efficacité améliorée dans l'utilisation de l'eau,⁴ cependant la potentielle évaporation en hausse provoquera une nette réduction de l'humidité dans le système.

2. **Impacts directs des températures.** Deuxièmement, l'élévation des températures diurnes basses influe sur la respiration des plantes et s'est révélée néfaste pour le rendement des cultures céréalières clés (Peng et al., 2004; Lobell et Asner, 2004). L'élévation des températures diurnes maximales moyennes de saison tend à perturber et accélérer le développement physiologique de la plante, réduisant effectivement la période de reproduction, particulièrement importante pendant la floraison. Dans le cas extrême, les températures élevées peuvent causer la stérilité due à la chaleur. Il a été établi une corrélation entre les augmentations de températures élevées saisonnières et les rendements du coton en baisse au Mali, en particulier pendant le développement des capsules, même si la littérature indique des tolérances à des températures plus élevées (Traore et al., 2013).
3. **Précipitations non utilisées.** Troisièmement, l'air plus chaud transporte plus d'humidité, entraînant des épisodes de grande tempête plus fréquents. La recherche récente a détecté l'émergence de telles tendances au Sahel (Lebel et Ali, 2013), avec des modèles prévoyant de nouvelles augmentations à l'avenir (par exemple GIEC/RE5, 2013). En plus des problèmes causés par les crues, les inondations et l'érosion accrue du sol, les types de sol dominants au Sahel, exposés à l'encroûtement, présentent des taux d'infiltration relativement bas, ayant déjà dépassé le cap de 50 pourcent d'épisodes de tempêtes (Sivakumar, 1989). Une fréquence élevée de fortes températures entraînera par conséquent une augmentation de la perte des précipitations à cause du ruissellement. Dans un système plus chargé d'humidité, il existe également un risque de recrudescence des précipitations se produisant en dehors des périodes de production végétale bien que cet aspect n'ait pas encore été mentionné dans la littérature.
4. **Impacts liés aux vagues de chaleur.** Quatrièmement, il existe une probabilité accrue de vagues de chaleur plus fréquentes, avec des événements qui normalement se produisent une fois tous les 20 ans, survenant aussi fréquemment que deux fois tous les 2 ans (GIEC, 2012). Le rapport entre la période d'évènements de chaleur extrême et les étapes du développement de la plante est particulièrement important. A des étapes comme la floraison, il existe un risque de stérilité provoquée par la chaleur.

3.1.3 L'importance de la variation intrasaisonnière des précipitations

L'analyse des données climatiques selon le procédé exposé brièvement dans le document ARCC d'accompagnement à cette sous-série, Une approche de la sélection phénologique, fournirait d'importantes informations sur les changements dans les schémas de distribution intrasaisonnière des précipitations au Sahel ainsi que des informations sur les changements dans les températures diurnes et nocturnes et les changements dans la fréquence des événements extrêmes. La compréhension des tendances intrasaisonnières est cruciale non seulement pour la sélection phénologique des cultures principales par rapport aux impacts du CC, mais également pour l'évaluation des pratiques agricoles qui font l'objet de ce rapport.

⁴ Les réponses physiologiques neutralisantes au CO₂ seront effectives uniquement pour les plantes qui utilisent le mode de fixation du carbone C₃ comme mécanisme de conversion du CO₂ pendant la photosynthèse. Il s'agit entre autres du riz, du soja, des arachides et du coton. Le maïs, le millet et le sorgho (plantes de type C₄) sont exclus.

La réalité du CC est la probabilité que les facteurs de stress climatique surviennent simultanément et successivement dans des combinaisons différentes. Il existe un potentiel de fréquence accrue d'évènements pluviométriques extrêmes dans une tendance générale à la sécheresse, de prolongement de la saison des pluies avec une discontinuité accrue d'évènements pluviométriques, de décomposition accrue de la matière organique du sol dans des systèmes qui génèrent moins de biomasse du fait d'une baisse des précipitations ainsi que d'autres interactions potentielles. Dans l'optique d'intégrer l'impact de multiples facteurs de stress du changement climatique de manière à ce qu'il soit pertinent pour la programmation de l'adaptation de l'agriculture, il est nécessaire de changer de perspectives quant à la prise en compte des moyennes annuelles uniquement et de s'intéresser de plus près aux répercussions de la distribution intrasaisonnière et à la survenue d'évènements extrêmes.

Comprendre et inclure les caractéristiques intrasaisonnières du climat sahélien dans l'évaluation de l'impact des futurs CC sur l'agriculture est d'une importance capitale, étant donné que les moyennes annuelles peuvent masquer des déficits pluviométriques graves, entre autres conséquences. Prenons l'exemple des deux cas suivants : l'un où 600 mm de précipitations annuelles sont plus ou moins également réparties en épisodes de tempêtes allant de petites à modérées au cours de la saison de croissance ; l'autre est caractérisé par des épisodes fréquents de fortes précipitations, avec la perte de 20 pourcent du volume total des précipitations due au ruissellement, une perte supplémentaire de 25 pourcent soit avant soit après la saison de croissance principale et enfin, une perte de 5 pourcent à travers l'évapotranspiration accrue. Comme conséquence dans le second cas, la moitié des précipitations annuelles n'est pas disponible pour les cultures, bien que volume annuel reste inchangé. Ces tendances du régime météorologique sont certes des hypothèses, cependant des recherches à ce sujet sont en cours et elles continueront probablement à accentuer leur influence à mesure que les impacts du CC continueront à se manifester. Lebel et Ali (2009) ont constaté une fréquence accrue d'épisodes de fortes précipitations dans la partie ouest du Sahel associée au récent regain de précipitations dans cette région après une baisse prolongée des précipitations au cours de la période 1970-1990. Les régions du Sahel ont également montré des modifications dans la répartition saisonnière des précipitations, avec une baisse remarquable du pic d'août (Lebel et Ali, 2009), correspondant à la période de remplissage des grains pour les principales cultures céréalières. La continuation de ces tendances (fréquence accrue d'épisodes de fortes précipitations, modification de la répartition saisonnière des précipitations), associée à l'élévation des températures, pourrait affaiblir tout impact positif d'une hausse des moyennes des précipitations annuelles. De tels changements augmenteraient la portée des pratiques de rétention d'humidité efficaces, qui sont déjà d'une importance capitale pour nombre d'agriculteurs dans le Sahel.

3.2 PARAMETRES GEOGRAPHIQUES

Le Sahel est défini par ses niveaux de précipitations annuelles, mais il est devenu courant d'en parler comme d'un tout unifié. Cependant, ce serait une erreur de le faire dans le cadre d'une évaluation des pratiques d'adaptation au CC. Tel qu'indiqué précédemment, il existe des différences considérables dans les schémas des précipitations émergents des parties ouest et est du Sahel.⁵ En termes d'agriculture, le Nord Sahel (250–400 mm/an) et le Sud Sahel (400–600 mm/an), y compris la zone subsahélienne (600–750 mm) présentent des opportunités et des défis largement différents et justifient d'être étudiés séparément.

⁵ A l'est et à l'ouest de 0° de longitude.

3.3 DETERMINATION DE LA PERIODE D'ETUDE

Pour des besoins d'analyse, deux périodes de temps doivent être prises en compte : l'une représentant la période à court terme (par exemple 2025) et l'autre, une perspective à plus long terme (par exemple 2050). Bien qu'elle soit quelque peu arbitraire, une période fixée à 2025 reflète un point de référence à court terme raisonnable utile à la prise de décisions programmatiques liées à la promotion de la technologie tandis qu'une période à plus long terme permet d'anticiper les besoins et les opportunités d'investissement de plus grande envergure. Le point central du présent rapport dans l'évaluation des pratiques d'adaptation, lorsqu'associé à des niveaux d'incertitude élevés des futurs régimes climatiques et à d'autres variables, plaide vigoureusement en faveur d'une projection climatique à court terme.⁶

3.4 ETAPE PAR ETAPE : DEFINITION DES PARAMETRES CLIMATIQUES FUTURS

En général, le choix des approches utilisées dans l'élaboration d'un futur scénario climatique doit être fait selon l'utilisation visée des projections. Cependant, la disponibilité des données climatiques représentatives et l'accès à ces dernières sont en eux-mêmes des facteurs limitants pour l'évaluation. La disponibilité des données devra être déterminée avant de fixer les objectifs des résultats quant aux caractéristiques qui peuvent être analysées de manière réaliste. De même, le niveau d'effort ne peut être déterminé avant qu'une décision ne soit prise quant au niveau d'analyse possible.

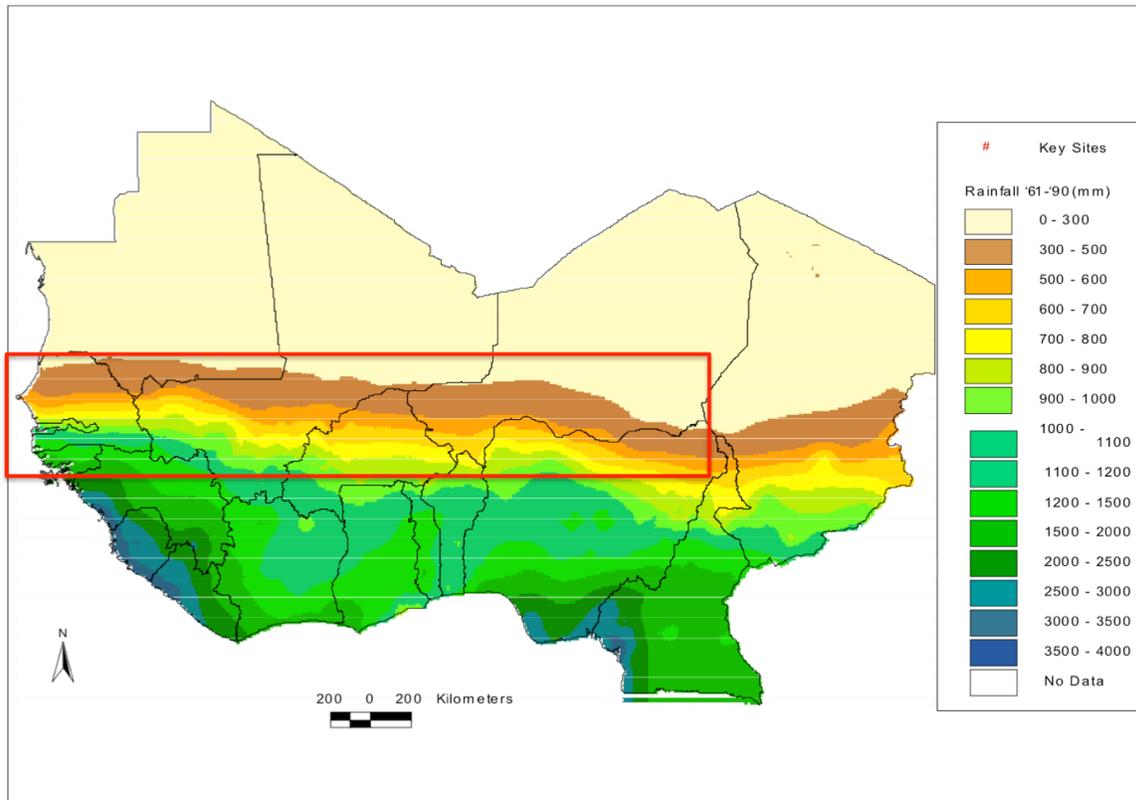
Dans le document ARCC joint à la présente sous-série, Une approche de la sélection phénologique, des arguments (en plus d'une discussion sur les étapes impliquées) sont présentés pour la création d'un futur profil climatique pertinent en matière d'agriculture (pour 2025) qui convienne aux procédures de sélection phénologique des cultures. Un résumé de ces étapes est présenté ici mais les lecteurs sont renvoyés à ce document pour un examen des questions soulevées. Les étapes à suivre pour créer un futur profil climatique, en vue d'une évaluation des variétés de cultures sur la période à court terme (2025) qui mette l'accent sur la variation intrasaisonnière sont présentées ci-après :

3.4.1 Définition de la région d'étude

- Sélectionner les degrés de latitude qui limitent les pays suivants : Sénégal, Mali, Burkina Faso et Niger, et inclure les parties sud de la Mauritanie, avec une possible inclusion de la partie ouest du Tchad et le Nord Cameroun à travers lesquels la bande isohyète 250-750 mm passe, en s'appuyant sur les données relatives à la période climatique convenue (1980-2010).

⁶ Il est important de noter cependant que les investissements concernant les questions de recherche à plus long terme et les investissements dans les infrastructures de grande envergure devraient utiliser des projections climatiques à plus long terme dans leurs études. Il s'est avéré nécessaire pour les actions en faveur de la sélection végétale, par exemple, de développer des variétés résistantes à des régimes de température bien plus élevés. Des résultats utiles ne seront pas obtenus avant des décennies. De tels programmes devraient être initiés maintenant afin que les résultats soient disponibles au moment où les conditions prévues (par exemple l'élévation des températures) se matérialisent. De la même façon, des stratégies d'investissement liées à l'irrigation à l'échelle nationale visant la sécurité alimentaire à long terme et une meilleure résilience au CC, devraient être mises en place à court terme afin de faire face aux futurs besoins nationaux prévus et aux facteurs de stress du CC. Il faudrait également capitaliser sur les opportunités d'exportation. Toutefois, ces questions ne sont pas abordées dans le présent rapport.

FIGURE 3.1. LOCALISATION DU SAHEL SUIVANT LES ISOHYETES D'AFRIQUE DE L'OUEST (1960-1990)



Source : Institut international de recherches sur les cultures des zones tropicales semi-arides (ICRISAT), Centre sahélien (1998)

3.4.2 Sélection des stations météorologiques

- Sélectionner les stations météorologiques proposant la meilleure couverture géographique de la zone cible telle que définie précédemment.
 - Etablir une règle de décision géographique (xx nombre de km entre les stations), et/ou recourir à un avis d'expert pour inclure les stations qui ne relèvent pas de la zone précédemment définie, mais qui fournissent des données pour les régions qui, par latitude ou longitude, sont sous-représentées dans l'échantillon.
- Sélectionner les stations affichant un minimum requis de mesures de données (précipitations et température min/max quotidienne) et une continuité des données d'archives couvrant la période d'étude (1950-2012).
 - Etablir une règle de décision pour une continuité minimum des archives afin d'accepter/rejeter des stations.
- Mettre en commun les données des stations pour analyse afin d'expliquer les besoins programmatiques, la différence climatologique entre l'est et l'ouest du Sahel et la différence majeure dans le secteur agricole entre les parties nord et sud de la zone sahélienne.

- La mise en commun des données par pays (y compris des parties des pays voisins) permettrait de tenir compte des différences entre l'est et l'ouest du Sahel, où la séparation entre le nord (<400 mm) et le sud du Sahel ainsi que les zones subsahariennes (>400–750 mm) peut être effectuée. La disponibilité et la répartition des données des stations influenceront considérablement les décisions finales de mise en commun visant à préserver la solidité statistique des analyses.

Une fois que les décisions de ciblage et de mise en commun ont été prises, les données météorologiques de chacune des unités regroupées devront être examinées afin d'identifier et projeter un scénario climatique pour la période 2025. Le scénario 2025 constituerait la base de l'évaluation des pratiques agricoles. Les éléments climatiques utilisés pour générer la saison 2025 devraient être exprimés en termes physiques, couvrant les questions telles que :

- La détermination des précipitations annuelles utiles d'un point de vue agronomique et la disponibilité de l'humidité, à travers l'inclusion des changements dans les taux d'évapotranspiration provoqués par des températures plus élevées et l'élimination des événements pluviométriques hors saison et excessifs ;
- La fréquence de sécheresses intrasaisonnières (et épisodes de sécheresse) et d'évènements pluviométriques de grande intensité ; et
- Les températures diurnes quotidiennes maximum/minimum moyennes, fréquence et épisodes d'évènements de chaleur extrêmes.

Etant donné les investissements nécessaires pour élaborer un futur scénario climatique utile, si en plus un exercice de sélection phénologique est effectué, la décision relative à l'approche à adopter devrait être prise en fonction de l'évaluation phénologique des cultures et de l'évaluation de l'adaptation des pratiques non centrées sur les cultures.

4.0 ELEMENT 2 : DEFINITION DES OBJECTIFS D'ADAPTATION

Les objectifs d'adaptation sous-jacents déterminent les pratiques spécifiques à évaluer. Ils devraient être définis par rapport aux futures conditions climatiques prévues. La sélection de la zone climatique sahélienne constitue un certain degré de ciblage initial. Cependant, tel qu'il a été observé, il existe des différences significatives entre les parties nord, sud, est et ouest de cette zone. Une spécification supplémentaire des objectifs pourrait être nécessaire afin de déterminer les pratiques cibles. Une définition d'exemples de pratiques à considérer pourrait inclure :

- De nouvelles pratiques de gestion dans les régions de l'ouest du Sahel recevant 400–750 mm de précipitations annuelles moyennes qui puissent accroître l'infiltration et la rétention de l'humidité en réponse à la légère augmentation prévue des niveaux des précipitations, aux taux d'évapotranspiration potentielle plus élevés, associés à l'élévation des températures de .5 °C – 1,0 °C, et protection des ressources du sol et des cultures de la probable fréquence des événements extrêmes (inondations, sécheresses, vagues de chaleur) à l'horizon 2025.

Au delà de telles définitions reposant sur le climat, les contraintes financières et de temps imposeront que les choix soient faits en termes de types de pratiques d'adaptation à soumettre à tels types d'évaluation. Un simple processus couramment utilisé pour guider la priorisation initiale des initiatives de recherche pourrait favoriser la priorisation et le ciblage des travaux d'évaluation des pratiques d'adaptation au CC. Les facteurs traditionnellement considérés incluent :

- Etendue physique des systèmes de production ciblés ;
- Pourcentage des systèmes ciblés en danger ;
- Probabilité que les risques se réalisent ;
- Impact sur la productivité si les risques venaient à se réaliser, et
- Pourcentage des pertes potentielles qui se prêtent à la médiation.

4.1 IDENTIFICATION DES PRATIQUES

Une fois que les objectifs d'adaptation sont déterminés et les limites générales de l'évaluation fixées, les pratiques spécifiques à évaluer doivent être identifiées. Il existe quatre sources potentielles de pratiques d'adaptation :

1. Celles actuellement disponibles à l'intérieur du pays/de la sous-région, y compris les mesures d'adaptation formellement étendues proposées à travers des interventions publiques, privées ou dans le cadre de projets d'une part et les mesures autochtones propres aux agriculteurs d'autre part ;
2. Celles en cours d'extension ailleurs, hors du contexte local, dans la région ou à l'échelle mondiale ;
3. Historiquement, les pratiques qui ont toujours été utilisées par les agriculteurs vivant dans des conditions similaires de climat plus chaud/pluvieux/sec ; et

4. Les pratiques d'adaptation actuellement en phase de développement dans les centres de recherche nationaux et internationaux.

Pour les besoins du présent rapport, la première et la dernière sont les plus urgentes. La deuxième est effectivement une application plus large de la première, la troisième est un champ d'investigation totalement à part très utile mais pas essentielle. En plus de ces techniques et mesures d'adaptation proposées par les programmes de développement formels, il est crucial de porter l'attention sur l'identification des mesures d'adaptation adoptées par les agriculteurs eux-mêmes. Contrairement aux calendriers de recherches pluriannuels et des cycles de développement des projets, les agriculteurs doivent faire face aux conditions changeantes en temps réel et ont d'ailleurs déjà commencé à le faire. Le constat majeur fait à partir des changements observés dans les systèmes agricoles au Sahel depuis les années 70 est que l'innovation des agriculteurs était la principale source de pratiques d'adaptation. Ceci est vrai autant pour les mesures autochtones que pour celles identifiées, affinées et plus tard encouragées par les organismes de développement (par exemple les barres rocheuses, fosses zai, parcs améliorés, variétés résistantes au stress, etc.) (e.g. Simpson, 1999). Ignorer ce fait dans l'analyse des options d'adaptation aux CC actuels ou futurs constituerait une omission grave et ne permettrait pas de couvrir la majorité des mesures d'adaptation que les agriculteurs mettent finalement en œuvre.

Les informations recueillies à partir des sources 1) et 4) sont analysées plus en détail ci-après.

Une liste indicative de certaines des pratiques mieux connues au Sahel est présentée ci-après : elles sont classées selon leurs contributions majeures perçues.

Rétention d'humidité :

- Labour suivant les courbes de niveau ;
- Cloisonnement ;
- Aménagement en Courbes de Niveau (ACN);
- Fosses zaï (de différents diamètres, profondeurs, densités/ha) ;
- Barres rocheuses (simple alignement de pierres, Fonds de l'eau et de l'équipement rural [FEER], pierres dressées avec sous-solage [PDS])
- Digue en terre ;
- Captage en demi-lune ;
- Bandes végétales ; et
- Clôtures vivantes.

Approvisionnement en eau supplémentaire :

- Goutte-à-goutte (jardin et champ);
- Technologies de pompage ;
- Barrages de retenue ;
- Aménagement bas fonds (ex : Diagnostic Rapide Pré-Aménagement [DIARPA]);
- Aménagement de plaines inondables ; et
- Investissement dans les systèmes d'irrigation.

Amélioration de la fertilité du sol :

- Application du fumier et du compost ;
- Gestion des résidus de culture ;
- Jachère ;
- Cultures intercalaires ;
- Rotations ;
- Système de riziculture intensive (SRI) ;
- Agriculture de conservation/agriculture durable ; et
- Agroforesterie (divers systèmes, y compris la Régénération naturelle gérée par les agriculteurs [FMNR]).

4.2 ETAPE PAR ETAPE : IDENTIFICATION DES PRATIQUES D'ADAPTATION

4.2.1 Mesures d'adaptations actuellement disponibles

Les principaux fournisseurs formels du côté de l'offre des pratiques d'adaptation incluent : les systèmes gouvernementaux d'extension de la recherche ; les centres internationaux de recherche; projets (organisations multilatérales, bilatérales, et non gouvernementales [ONG]) ; les groupes de producteurs organisés de manière formelle et les sociétés privées impliquées dans l'achat et la vente des intrants, des services et produits agricoles. L'aptitude à mener une étude virtuelle des options d'adaptation est limitée, dans le meilleur des cas. Les programmes de recherche des centres de recherche internationaux se prêtent quelque peu à l'étude à distance, en fonction des documents publiés et des rapports écrits des recherches menées (souvent restés à la traîne depuis plusieurs années), mais les programmes nationaux le sont moins. Les rapports sur les autres programmes sont soit de très mauvaise qualité, soit inexistant.

Pratiques étendues : En vue d'évaluer ce qui est actuellement proposé dans les programmes officiels, une action sur le terrain est nécessaire afin de recueillir des données pertinentes sur les techniques à encourager, ainsi que ces initiatives qui sont "mises de côté" et "en cours." Des recherches sur internet et la consultation de la littérature devraient être faites pour servir de référence. Le recours à un sondage auprès des organismes pour le recueil des informations issues des programmes sur le terrain et la création d'une base de données technologiques, dans laquelle les informations recueillies sur le terrain et celles tirées de la consultation de la littérature peuvent être introduites, sont recommandés. Les données recueillies et la base de données devraient être structurées de manière à ce que les "profils d'adaptation" soient facilement générés pour chaque pratique identifiée, contenant les informations nécessaires à l'évaluation de la technique dans le cadre des futurs régimes climatiques. Une option serait d'adapter une structure d'outils de sondage conçue dans le cadre de l'acquisition d'un programme antérieur de l'USAID; le *Rural Agricultural Income and Sustainable Environment Plus Program (RAISE Plus)* (voir Annexe A pour un exemple d'outil de sondage), et de remplir la base de données d'informations provenant d'organisations et de programmes compétents des quatre pays cibles (Sénégal, Mali, Burkina Faso, et Niger). La structure de la base de données devra être créée en permettant aux questions de faciliter la correspondance des pratiques d'adaptation avec les caractéristiques spécifiques du scénario climatique de la période 2025.

Si les travaux sont engagés simultanément, un minimum de deux à trois semaines sur le terrain serait nécessaire pour recueillir les données auprès des principaux ONG et projets. Il serait nécessaire pour les équipes d'être formées et guidées dans la pratique avant le recueil des données (deux jours requis par pays). L'adaptation de l'outil de recueil des données et de la structure de la base des données nécessitera environ deux à trois semaines de contributions techniques avant les activités sur le terrain. Il faudra quatre semaines pour créer une base de données et des manuels de procédure. La préparation du matériel de formation nécessitera trois jours supplémentaires.

Ajustements des agriculteurs : Sur le plan méthodologique, les techniques permettant d'identifier les mesures d'adaptation des agriculteurs incluent trois éléments fondamentaux : la description des pratiques des agriculteurs à un moment donné dans le passé, la description des pratiques actuelles des agriculteurs et l'identification des changements effectués (Simpson, 1995). Outre l'examen des raisons pour lesquelles les agriculteurs ont opéré les changements observés, les défis auxquels ils font face actuellement, et par conséquent les mesures d'adaptation qu'ils essaient d'introduire, ainsi que les sources d'idées d'ajustements et tout autre obstacle qu'ils auront surmonté pour adopter les pratiques encouragées (voir Sélection et Priorisation ci-après), complètent la description. La tenue de groupes de discussions et d'entrevues d'informateurs clés sexospécifiques, est recommandée.

Le défi majeur sera de choisir un cadre d'échantillonnage approprié pour l'enquête sur les réponses d'adaptation locales, qui sont assez vastes pour donner une indication raisonnable de ce que font les agriculteurs, mais en même temps gérables en termes de délais et des limites des moyens financiers du projet. Organiser des entrevues dans les villages demande beaucoup de temps. Même si des techniques d'évaluation rapide peuvent être utilisées, la sélection d'une combinaison de méthodes capables de générer le niveau de détails requis doit être effectuée avec soin. Parmi les facteurs à prendre en compte, il y a la situation des lieux d'entrevue à proximité des stations météorologiques utilisées (géographiquement et en termes de conditions climatiques générales) pour générer les futurs profils climatiques. D'une manière générale, moins il y a de temps pour le travail sur le terrain, plus les personnes recrutées doivent être expérimentées. Une autre option est le recrutement de candidats titulaires de Master (doctorants de préférence) même si cela implique plus de temps pour la réalisation du travail.

Un minimum de six à huit interventions par pays (simultanées) serait nécessaire pour le recueil et la synthèse des données issues des entrevues. Du fait de la migration saisonnière due aux prises d'emplois non agricoles, courantes au Sahel, le meilleur moment pour effectuer le travail sur le terrain est pendant la saison agricole jusqu'à la période des récoltes et peu de temps après.

4.2.2 Mesures d'adaptations en cours d'étude

Grâce aux ressources internes et au financement issu des agences de développement bilatérales et multilatérales, des ressources financières considérables sont actuellement allouées à la recherche sur le CC (par exemple le Programme de recherche sur le changement climatique, l'agriculture et la sécurité alimentaire [CCAFS] du Groupe consultatif pour la recherche agricole internationale [CGIAR] fonctionne avec un budget de 100 millions de dollars USD pour son premier cycle de financement quinquennal). Pour obtenir les informations sur les travaux que ces programmes de recherche réalisent actuellement, se rapprocher des centres de recherche nationaux et internationaux compétents pendant le sondage des autres programmes de sensibilisation serait l'option la plus efficace. Une autre option serait d'entreprendre des séries d'entrevues distinctes - conseillée si les personnes recrutées pour mener l'enquête auprès des organisations sont jeunes et moins expérimentées.

Un minimum de deux à trois semaines de travail sur le terrain serait nécessaire pour couvrir les quatre pays et les centres de recherche internationaux compétents de la sous-région.

Alors que l'idéal serait d'inclure une étude de recherche faite par les sociétés privées, l'expérience montre que la nature confidentielle de tels investissements rend très difficile l'accès aux informations détaillées sur les initiatives de recherche du secteur privé.

Observation des besoins des agriculteurs : A cause des coûts directs et indirects de l'évaluation des pratiques d'adaptation, une décision pourrait être requise quant à la priorisation des techniques à sélectionner pour une observation plus poussée. Lors de la prise de décision, il est important d'évaluer les intérêts et besoins des agriculteurs, ainsi que les motifs sous-jacents de leurs préférences. L'utilisation des contributions des agriculteurs pour réduire la liste des techniques devant faire l'objet de diverses initiatives de sélection au début du processus d'évaluation augmente considérablement la probabilité d'une part, d'identifier les techniques qui seront finalement adoptées à une échelle importante et d'autre part, elle permet de suggérer les moyens à travers lesquels les choix technologiques pourraient être modifiés et affinés afin de mieux répondre aux besoins et aux conditions des agriculteurs. L'implication des agriculteurs dans la sélection des options augmente également la probabilité que les techniques choisies prennent en compte celles qui ont des effets bénéfiques sur le développement et sont utilisées comme "options sans regrets."

L'évaluation des intérêts des agriculteurs est mieux effectuée à l'échelle du pays en utilisant un cadre ordinaire pour capter les potentiels avantages des économies d'échelle à travers les quatre pays. L'utilisation d'une combinaison d'entrevues d'informateurs clés et de groupes de discussion sexospécifiques (par exemple les "innovateurs" identifiés à l'échelle locale) propose les meilleures alternatives. La collecte d'informations supplémentaires relatives aux niveaux d'actifs des agriculteurs sera également importante. Certes la création des typologies de foyers agricoles n'a pas été utilisée avec succès comme outil de sensibilisation dans le ciblage des options techniques pour les différents types de ménage. Cependant ce type d'informations est crucial dans l'identification de la taille des populations susceptibles d'être atteintes ainsi que celles qui ne le seraient pas, avec justifications à l'appui et, devrait par conséquent être inclus si les ressources et le temps le permettent.

L'inclusion d'entrevues collectives ou individuelles concernant la perception des agriculteurs des pratiques qui leur sont proposées et leurs objectifs d'adaptation est plus facilement étudiée à travers l'inclusion des champs d'investigation dans l'évaluation des initiatives d'adaptation actuelles des agriculteurs (étudiées précédemment). Une demi-journée de plus par site d'étude sera nécessaire.

5.0 ELEMENT 3 : DEFINITION DES METHODES D'EVALUATION

Même si le présent rapport est axé sur l'évaluation de la viabilité technique des pratiques, il convient d'examiner l'ensemble de facteurs qui influencent l'adoption et l'utilisation des pratiques individuelles. Les méthodes disponibles pour l'évaluation des pratiques d'adaptation peuvent être regroupées selon les catégories suivantes. Chacune traduit une perspective différente.

- **Technique** : du point de vue biophysique /agronomique (par exemple sélection phénologique, modélisation des cultures, modélisation de l'érosion/du ruissellement, modélisation des processus de l'écosystème, expérimentation contrôlée et validation *in situ*) ;
- **Financière** : du point de vue du responsable de la ferme (étude partielle ou de toute la ferme) ;
- **Economique** : du point de vue de l'investissement (par exemple analyse coût-bénéfice des options d'investissements) ;
- **Environnementale** : du point de vue de la préservation de la nature (par exemple étude d'impact environnemental, modélisation hydrologique et des bassins hydrologiques) ;
- **Sociale** : du point de vue des groupes cibles (par exemple méthodologies d'évaluation et de planification participatives) ;
- **Equité** : du point de vue des organismes et des gouvernements (par exemple analyse sexospécifique) ; et
- **Politique** : consensus sur les politiques et leur cohérence (par exemple matrice d'analyse des politiques)

Avec pour ultime objectif d'identifier les pratiques d'adaptation efficaces pouvant être largement adoptées par les agriculteurs, le processus d'évaluation doit être élargi au-delà des seules considérations techniques, à terme. Au minimum, les pratiques d'adaptation devraient être sélectionnées d'après trois perspectives :

- **Technique** : la pratique génère-t-elle ou répond-elle au type de revenus requis en réponse aux changements physiques prévus du climat ?
- **Financière** : la pratique offre-t-elle des avantages financiers ou, au moins, n'empire-t-elle pas les niveaux actuels par rapport à ce qui se serait passé en l'absence de cette pratique ou comparée aux autres possibilités d'intervention ?
- **Sociale** : la pratique est-elle désirée et réalisable par les bénéficiaires visés ?

Les questions liées à un contexte plus général tels que l'équité, l'environnement et l'économie ainsi que les politiques gouvernementales, traduisent généralement les préoccupations des organismes et des Etats. Ces questions doivent être étudiées avant la prise de décisions d'investissement. Cependant, les actions nécessaires pour effectuer ce deuxième niveau d'analyse sont requises uniquement après une sélection initiale des aspects essentiels des pratiques d'adaptation étudiées précédemment.

5.1 EVALUATION TECHNIQUE

Démêler la toile des interactions cultures-environnement *in situ* au Sahel constitue un défi qui est par nature complexe, et encore plus lorsque ces relations sont soumises aux impacts prévus du CC. Sur le terrain, l'interaction entre les facteurs limitants est particulièrement délicate (voir Encadré 5.1). Cependant, la compréhension du système général cultures-environnement et les réponses internes est importante dans l'évaluation de l'impact des options d'adaptation individuelles sur les performances des cultures. Les évaluations techniques peuvent être effectuées à trois niveaux : les composantes (bio) physiques de l'environnement de production, la réponse des cultures et la rentabilité agricole. Dans l'ensemble, le contenu technique spécialisé de ces différents domaines (physique, biophysique, spécifique à la culture et les cadres de modélisation des systèmes) requiert l'attention particulière d'experts compétents. Un aperçu général de ces approches est présenté ci-après ; la commande des documents détaillés, exposant les procédures particulières à suivre pour les évaluations de différentes catégories de pratiques d'adaptation, est fortement recommandée.

INTERACTIONS DES FACTEURS LIMITANTS

La réponse génétique de la plante à la hausse des températures est amplifiée par les niveaux d'humidité du sol et l'état de santé général de la plante. L'état de santé de la plante est à son tour lié à l'état de la fertilité du sol, qui est fortement influencé au Sahel par la teneur en matière organique du sol (MOS). Les niveaux MOS à leur tour influent sur l'infiltration des précipitations et la rétention d'humidité, ainsi de suite. L'adaptation ne peut être réalisée que de manière limitée en ciblant n'importe quel élément du système plante-environnement. L'évolution vers des variétés plus résistantes aux températures élevées et adaptées aux conditions environnementales actuelles est bénéfique jusqu'à ce que ces conditions deviennent limitantes. L'utilisation des techniques de rétention d'humidité pour recueillir la grande partie des précipitations disponibles pourrait améliorer les réponses des cultures aux températures plus élevées liées aux limites de l'humidité du sol et non à l'état de fertilité du sol. De même, la régénération de la matière organique du sol, qui retient plus d'humidité et de nutriments, ne sera pas optimale sans les nouvelles variétés de cultures plus résistantes aux températures élevées et ne sera pas facilement réalisable étant donné que les températures élevées accélèrent l'activité microbienne du sol et la dégradation de MOS.

5.1.1 Evaluation des impacts complexes sur les composantes physiques et biophysiques

Les principales composantes de l'environnement de production incluent le sol, l'eau, la température et la lumière du soleil. L'eau (c-à-d, les précipitations) et la température sont directement touchées par le CC. Le changement climatique influe aussi indirectement sur d'autres composantes à travers les processus tels que : l'évapotranspiration potentielle accrue, l'accélération de la décomposition de la matière organique et la perte potentielle accrue des précipitations à travers le ruissellement, entre autres. L'aptitude à évaluer l'efficacité des différentes pratiques d'adaptation, visant à atténuer les incidences du CC sur les propriétés et les processus des systèmes, dépend de l'existence des données, formules et/ou modèles nécessaires. Dans la plupart des cas, sinon dans tous les cas, une combinaison d'outils et d'intrants sera nécessaire. Par exemple, il serait possible d'utiliser entièrement le modèle de sol CENTURY pour évaluer l'efficacité des recommandations sur l'application de fumier organique et les pratiques agricoles de conservation en matière de construction de la teneur en matière organique du sol (MOS) dans les futurs scénarios climatiques (température et précipitations) si la quantité et la

composition en matière organique pénétrant dans le sol peut être mesurée. Pour d'autres régions cependant, il faudra probablement d'importantes initiatives pour évaluer les pratiques d'adaptation individuelles. Les modèles de ruissellement des précipitations, par exemple, peuvent générer des estimations des éventuels ruissellements, étant donné les quantités/intensité des précipitations, la pente, le type de surface et la zone de captage, et peuvent être utilisés pour estimer les changements dans les données de ruissellement des variations des schémas des précipitations dans les futures conditions climatiques. Cependant, l'aptitude à utiliser ces modèles pour évaluer l'efficacité dans les changements de types de surface influençant l'infiltration des pluies et l'introduction de diverses pratiques de gestion adaptatives (par exemple labour suivant les courbes de niveau vs. barres rocheuses vs. barrières végétales) n'est pas évidente. L'aptitude à évaluer l'impact des pratiques d'adaptation sur les paramètres et les processus environnementaux (par exemple les températures de la surface et la vitesse des vents au sol qui influe sur l'évapotranspiration) de manière précise et efficace paraît encore plus complexe.

5.1.2 Modélisation des réponses des cultures

Porter l'attention à l'évaluation des réponses génétiques des cultures à l'environnement de production est une tâche plus claire. Du fait des actions à long terme menées par les sélectionneurs et les agronomes pour développer et évaluer la performance du rendement des cultures, il existe nombre de procédures et de modèles bien établis. Un sondage impliquant les utilisateurs des modèles de culture dirigée par le programme CCAFS du GCRAI a identifié plus de 122 modèles de cultures (Rivington et Koo, s.d.). Les modèles de culture relèvent de l'une des deux catégories : modèles statistiques ou modèles fondés sur les processus. Les modèles de culture mécanistes ou de processus utilisent les algorithmes et d'importantes entrées de données pour générer des approximations de réponses physiologiques des végétaux aux facteurs environnementaux. Ces modèles nécessitent des données relevées sur le terrain et, avec quelques exceptions, ont tendance à mettre l'accent sur les cultures essentielles et les conditions dominantes des zones tempérées. Dans les cas où des données climatiques manquent ou sont incomplètes, ou lorsque les futures conditions climatiques doivent être testées, comme pour les scénarios climatiques, d'autres modèles sont utilisés pour générer ou compléter les entrées de données climatiques manquantes. Pour l'évaluation des systèmes de production tropicaux, les modèles individuels sont couramment utilisés afin de générer des enquêtes-substituts pour les autres cultures pour lesquelles il n'existe pas de modèles, où les chercheurs n'ont pas d'expérience dans leur utilisation, les entrées de données sont incomplètes ou il y a des incompatibilités de modèle.

Les modèles statistiques, au contraire, utilisent des ensembles de données empiriques de rendements des cultures dans des conditions environnementales différentes comme référence pour la prévision des réponses des cultures aux conditions cibles, en prenant appui sur les paramètres environnementaux. Assembler la base de données utilisée dans les modèles statistiques des cultures nécessite bon nombre d'actions et dans la plupart des cas, l'utilisation approfondie des tests contrôlés afin de créer un quadrillage de régimes de variation de l'humidité et de la fertilité du sol. D'après des études, lorsque les modèles statistiques sont utilisés pour prévoir la réponse des cultures au CC, ils présentent de meilleures performances à plus grande échelle spatiale, correspondant à une plus grande précision des modèles climatiques à plus grande échelle (Lobell et Burke, 2010). Il est généralement admis que dans des conditions environnementales extrêmes, celles qui sont testées dans des scénarios de CC, la précision des modèles actuels (de processus ou statistique) est souvent défailante et/ou ne peut plus répondre à plus d'un facteur (par exemple l'extrême chaleur, la sécheresse). Ceci traduit d'une part, l'état de la science, et d'autre part, les objectifs initiaux fixés pour lesquels les modèles ont été construits et la disponibilité des données qui les sous-tendent. Des améliorations continuent d'être apportées. Lorsque les modèles de culture sont utilisés pour prévoir les réponses des cultures au CC, la meilleure pratique, comme avec l'utilisation de multiples modèles de circulation générale (MCG) pour

généraliser des futurs scénarios climatiques, consiste à calculer la moyenne des résultats de plusieurs modèles.

Il existe moins de choix au niveau du système des cultures, un élément utile à l'évaluation de l'impact des changements dans les pratiques de gestion qui influent probablement sur la production de multiples cultures au sein d'un système (par exemple les changements sur le terrain dans la fertilité des sols ou les technologies de récupération d'eau). La *Erosion-productivity impact calculator* (EPIC) et les modèles du système d'aide à la décision pour le transfert de l'agrotechnologie (DSSAT) semblent être les plus complets et utilisés dans l'évaluation du niveau d'un système. La nature modulaire du modèle révisé DSSAT (Jones et al., 2003) est particulièrement intéressante à cause de l'opportunité qu'il offre de servir de future plateforme pour les évaluations liées au CC des pratiques de gestion. L'action requise pour paramétrer complètement le modèle est importante et ne se prête pas aux évaluations technologiques ponctuelles.

5.2 RENTABILITE AGRICOLE

L'acquisition et les coûts de fonctionnement de toute nouvelle technologie d'adaptation doivent être rentables du point de vue de l'agriculteur. Si les pratiques répondent techniquement mais sont peu rentables, il y a peu d'espoir qu'elles soient adoptées en masse par les petits producteurs dans la sous-région. La réduction des pertes dans les conditions de CC, bien qu'importante, représente une continuation de la pauvreté pour les agriculteurs vivant près, au, ou en dessous du seuil de pauvreté, et n'est pas durable dans des conditions de détérioration de l'environnement. L'évaluation des bénéfices financiers à adopter d'autres mesures d'adaptation essaie de tenir compte du point de vue des responsables d'exploitations agricoles pour juger si un changement dans les pratiques de production est rentable ou non. Les outils standard pour effectuer ce type d'évaluation sont l'utilisation des procédures de budgétisation partielle ou totale de l'exploitation et également l'utilisation supplémentaire de la programmation linéaire pour optimiser la répartition des ressources. Lorsque les changements potentiels impliquent tout le système agricole ou requièrent la redistribution des ressources qui influent sur toute l'exploitation ou sur de multiples entreprises agricoles, une analyse de l'exploitation dans son ensemble s'impose. Lorsque les changements touchent une seule entreprise agricole (culture ou terrain), la budgétisation partielle couvrant cette entreprise particulière est suffisante. Les procédures d'exécution de la budgétisation partielle ou totale de l'exploitation sont étudiées dans le texte standard de J. Price Gittinger (1982). Les données nécessaires pour une modélisation de l'exploitation agricole dans son ensemble sont considérables et ne devraient pas être sous estimées. La budgétisation partielle de l'exploitation, le cas échéant, est un choix moins exigeant et préférable. Dans la mesure où elle peut être intégrée, l'approche sexospécifique pour toute évaluation financière est fortement recommandée.

5.3 EVALUATION SOCIALE/DU COMPORTEMENT

Au-delà de l'évaluation de la réponse technique des pratiques d'adaptation et leur viabilité financière, l'évaluation des objectifs des agriculteurs, leurs préférences et leurs capacités à utiliser d'autres pratiques constituent un aspect critique de l'évaluation des avantages potentiels des pratiques d'adaptation. De nombreuses expériences, voire la majorité, issues de la promotion malavisée de technologies agricoles qui n'ont pas été adoptées par les agriculteurs, auraient pu être évitées si les agriculteurs avaient été impliqués dans la détermination des techniques à proposer. Le recours à des approches participatives, sans rhétorique, est encore mitigé au sein des organismes de recherche et de développement. Il est clair que les agriculteurs finissent par choisir des techniques qu'ils adoptent ou non, cependant remettre le choix des techniques à affiner ou à développer aux agriculteurs dès le début du processus de développement n'est pas un modèle très répandu. Pour des besoins d'évaluation des options de pratiques d'adaptation, les méthodes préférées consistent en l'utilisation des groupes de discussion sexospécifiques évoluant dans les environnements de production cibles et la tenue

d'entrevues d'informateurs clés. De nombreuses méthodes et manuels participatifs sont disponibles pour une application directe ou adaptée. Du point de vue de la recherche, les raisons pour lesquelles les agriculteurs n'aiment pas ou sont incapables d'utiliser des options particulières peuvent constituer un apport utile pour le perfectionnement de la technique et le développement de futurs outils et pratiques d'adaptation.

5.4 ANALYSE D'UN CONTEXTE PLUS GENERAL

Au-delà de la valeur technique, l'attrait financier et l'acceptabilité des pratiques d'adaptation, un autre ensemble de considérations en vue d'une analyse de l'adaptation repose sur l'influence potentielle de forces qui sont hors du foyer immédiat des impacts du CC - ces forces qui certes sont présentes au delà du terrain. Ces considérations sont également liées au champ, aux zones agroécologiques/de bassins hydrologiques, et aux pays, mais exercent une profonde influence sur la capacité finale des mesures d'adaptation à offrir les avantages visés. Les mesures d'adaptation, comme éléments d'une analyse de l'adaptation ou utilisées conjointement avec cette dernière, devraient être soumises à un examen approfondi pour y déceler les faiblesses et les menaces liées aux forces dérivées d'un contexte plus général. Il s'agit de s'intéresser uniquement aux composantes d'évaluation "faiblesses" et "menaces" d'une analyse des forces, faiblesses, possibilités et menaces (FFPM). Un accent devrait également être mis sur l'atteinte de résultats "multiple gains" et "sans regrets" (éléments "forces" et "possibilités" d'une analyse FFPM). Les questions d'ordre intersectoriel, les services d'appui ainsi que les politiques et les préoccupations relatives aux futurs prix devraient également être pris en compte.

Prenons par exemple le cas hypothétique des investissements "durs" concernant la construction d'un réseau étendu de structures de contrôle des eaux au niveau communautaire destiné à fournir de l'eau d'irrigation en réponse à la baisse des précipitations. Selon les caractéristiques de conception, de telles structures pourraient être exposées à de futures hausses du prix de l'énergie (les coûts du béton et du transport sont fortement sensibles aux variations du prix du pétrole). Du point de vue du changement climatique, les investissements dans les structures de contrôle des eaux de plus grande envergure pourraient s'avérer inutiles jusqu'à une certaine période du futur tandis que les variations du prix de l'énergie à la période d'intervention pourraient rendre l'investissement proposé peu attrayant, du point de vue de l'investisseur plus tard. Cet investissement pourrait être tout simplement inabordable étant donné la concurrence pour les ressources rares dans un autre secteur de l'économie au moment où les investissements sont finalement nécessaires. Une évaluation du contexte permettrait d'identifier l'avantage à entreprendre de tels investissements plus tôt, produisant de ce fait des résultats de développement "sans regret", au lieu de réagir à une période ultérieure en prenant appui simplement sur le point de vue du CC.

5.5 ETAPE PAR ETAPE : DEFINITION DES METHODES D'EVALUATION POUR UNE APPRECIATION DES PRATIQUES SPECIFIQUES

5.5.1 Réponses techniques

Après avoir identifié les pratiques d'adaptation encouragées dans le domaine d'étude et demander les points de vue des agriculteurs concernant leurs expériences avec ces technologies, leurs propres mesures d'adaptation et leurs objectifs et défis d'adaptation générale, les techniques choisies doivent être observées afin d'évaluer leur capacité à répondre aux attributs prévus du scénario climatique pour 2025. Comme indiqué précédemment, l'évaluation technique de l'adaptation du secteur agricole suppose l'étude des réponses des cultures et la modification de l'environnement de production. La sélection phénologique des principales cultures par rapport aux potentiels impacts du CC fait l'objet du document

ARCC joint à cette sous-série, Une approche de la sélection phénologique, et ne sera donc pas étudiée ici.

La littérature de l'agronomie contient un ensemble riche quoique disparate d'informations empiriques sur la performance de diverses options de gestion. L'ère de la recherche sur les systèmes de production agricole en particulier a donné lieu à une littérature abondante sur les attributs biophysiques des différentes pratiques agronomiques (par exemple impacts sur les températures, vitesse du vent, rétention d'humidité, effets d'ombre, etc.). Néanmoins, contrairement à l'évaluation des ressources génétiques, l'évaluation des manipulations adaptatives de l'environnement de production présente un défi bien plus complexe. En dehors des principes d'ingénierie utilisés dans la conception de structures (par exemple structures de contrôle des eaux, barrages et systèmes d'irrigation), peu d'interventions agricoles ont été soumises à un examen détaillé en termes d'identification des seuils ou des défaillances. Il est par exemple discutable que les modèles utilisés pour le calcul du ruissellement et de l'infiltration des précipitations puissent être utilisés pour évaluer et comparer les différentes pratiques de rétention d'humidité à travers l'utilisation des barrières végétales et physiques sur différents types de sol et pentes ainsi que leur défaillance potentielle en cas d'événements pluviométriques extrêmes.

Les options face à ces contraintes incluent :

1. L'évaluation de ces techniques dont les outils d'observation prêts à l'emploi sont disponibles ;
2. Le recrutement d'experts techniques pour une évaluation ponctuelle utilisant des "avis d'experts" ;
ou
3. La commande auprès d'experts de l'élaboration de procédures d'évaluation spécifiques à l'adaptation qui pourraient être appliqués dans divers contextes.

La dernière option, bien que plus longue, a l'avantage d'être utilisable à plusieurs reprises selon les besoins (spécifiques à un pays ou régionaux), étant donné que le produit pourrait être utilisé pour aborder des questions plus génériques, telles que : *Quelle est la relation entre l'intensité/volume de l'évènement pluviométrique, la hauteur de la barrière, la pente, la texture de la surface du sol et la distance entre les barrières qui favoriserait les technologies actuelles d'amélioration de l'infiltration face aux futurs scénarios climatiques d'évènements pluviométriques intenses et accrus ?*

Les domaines d'intervention pourraient être : technologies améliorées d'infiltration des eaux (et leur vulnérabilité aux fortes précipitations), baisse de la température de surface (y compris les effets du vent et des radiations solaires) et changements de statuts de la fertilité du sol. Les experts compétents devraient être capables d'identifier, modifier et élaborer des procédures d'évaluation ainsi que de sélectionner les technologies identifiées (ou un sous-ensemble priorisé) dans un délai de six à dix semaines.

Une fois de plus, les lacunes constatées dans la connaissance des techniques et modèles d'évaluation indiquent les domaines où l'USAID devrait apporter son soutien en termes d'élaboration de méthodes supplémentaires. De tels investissements à long terme sont justifiés étant donné que les défis liés au CC continueront d'augmenter.

5.5.2 Rentabilité agricole

Les technologies présélectionnées par les agriculteurs ayant passé l'épreuve de l'évaluation technique de la capacité d'adaptation devraient être soumises à une évaluation financière de base. Les options possibles pour une analyse financière consistent à procéder à la budgétisation partielle ou globale de l'exploitation et choisir la technique adéquate déterminée par la nature de la pratique d'adaptation. En dehors des cas de changements du système de production de gros comme le remplacement des

systèmes agricoles pluviaux par des systèmes irrigués, la budgétisation partielle sera probablement suffisante dans la plupart des cas. Le temps nécessaire et la précision découlant des exercices de budgétisation dépendent largement de la complexité de la technique/du changement à analyser et de la disponibilité et l'exactitude des données sur les exploitations agricoles. Dans le cas de changements moins complexes et où les données exactes sont facilement accessibles, la budgétisation partielle de l'exploitation peut être réalisée par un analyste qualifié en quelques heures, et en quelques jours pour la budgétisation globale. Dans le cas de changements et systèmes plus complexes impliquant de multiples zones agroécologiques et/ou catégories de foyers, l'analyse peut prendre des semaines. Lorsque les données sur l'exploitation agricole doivent être recueillies, la conduite de l'analyse est considérablement ralentie, correspondant finalement au taux d'acquisition de données. L'utilisation régulière prévue des procédures de budgétisation partielle et globale des exploitations agricoles dénote la nécessité de définir un cadre standard afin que des analystes différents puissent efficacement produire des résultats comparables.

5.5.3 Evaluation des investissements

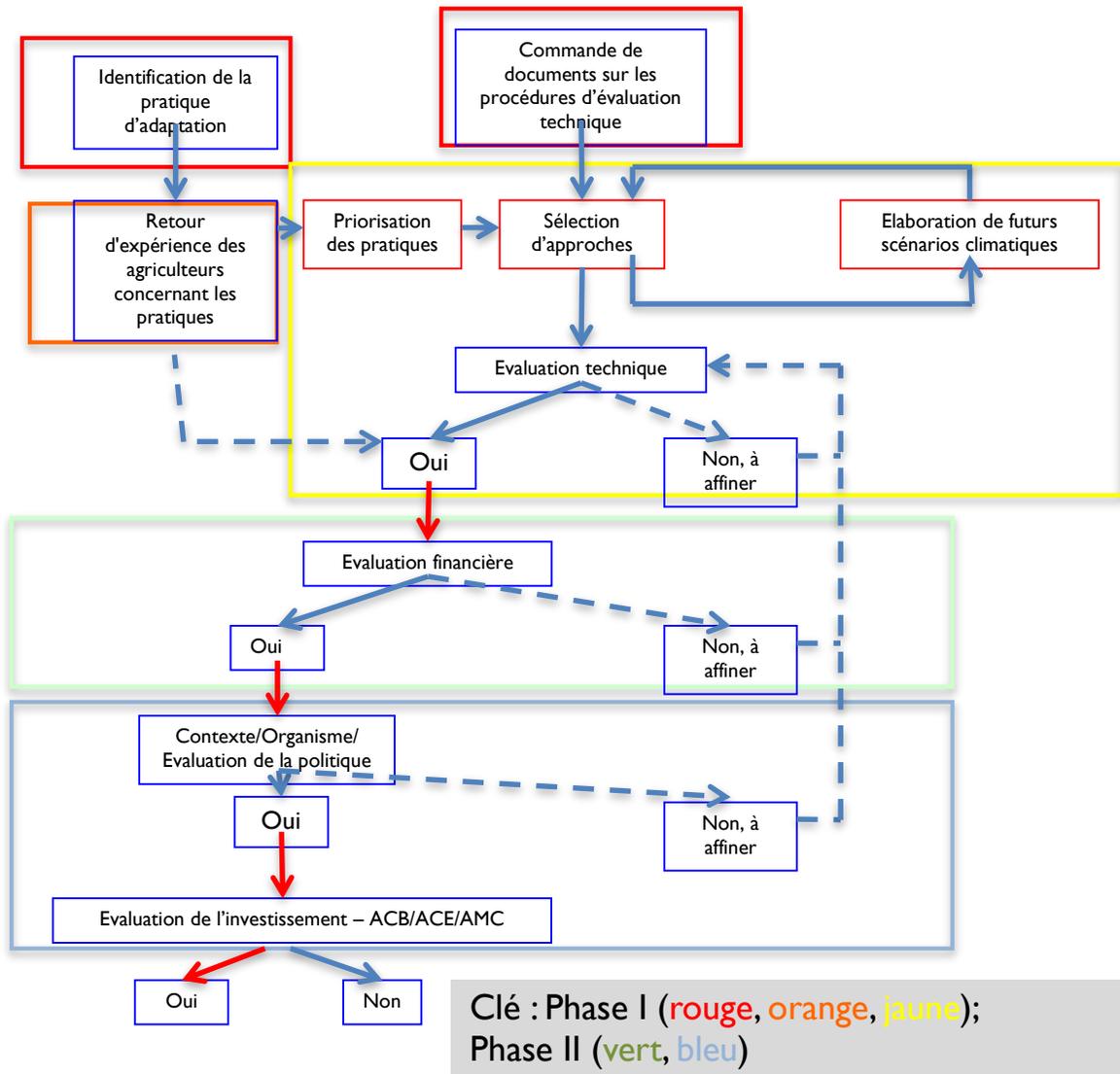
A un moment donné, il sera nécessaire de penser à la façon dont les pratiques d'adaptation seront mises à la disposition des agriculteurs, y compris les services d'appui, la formation, le crédit et d'autres éléments nécessaires à leur application efficace. Afin d'évaluer les avantages économiques à poursuivre l'investissement, une analyse coût-bénéfice (ACB) s'impose. Concernant les projets agricoles, les ACB s'appuient sur les budgets partiels ou globaux reflétant les sous-groupes des populations cibles et appliquent tous les coûts d'investissement requis pour fournir les services nécessaires. En dehors d'importants investissements réalisés par la Banque mondiale et la Millennium Challenge Corporation (MCC), l'utilisation des techniques ACB n'a plus la cote. Ceci est dû en grande partie au niveau d'intervention requis pour effectuer des évaluations détaillées. Par conséquent, peu de projets bilatéraux financés ont des notions réalistes de leurs résultats potentiels coût-bénéfice avant l'investissement. Les cibles fixées tendent à l'arbitraire et les rapports impliquent des hypothèses et des données incomplètes, entachées d'irrégularités ou douteuses. Le retour à l'utilisation des techniques d'évaluation de projets plus rigoureuses est conseillé. Le temps nécessaire pour achever une ACB est long et peut s'étendre sur plusieurs mois notamment pour les projets de grande envergure et/ou si les données primaires doivent être recueillies.

Dans les cas spéciaux, les techniques d'évaluation offrent des approches plus adéquates pour l'évaluation d'autres options d'investissement. Dans les cas où un objectif de développement spécifique est connu, l'analyse coût-efficacité (ACE) peut être utilisée pour identifier les options les moins coûteuses permettant d'atteindre les résultats ciblés. Dans d'autres cas où les décideurs sont confrontés à de multiples intérêts et où tous les coûts et bénéfices ne peuvent pas être quantifiés en termes monétaires, l'analyse multicritères (AMC) peut être utilisée. Etant donné que l'adaptation de l'agriculture au CC présente un nombre de points de décision "oui/non", par exemple la nécessité de répondre aux facteurs de stress prévus, il sera important d'effectuer des évaluations au niveau des investissements, indépendamment des techniques (ACB, ACE ou AMC), après les présélections initiales.

6.0 ENCHAINEMENT DE LA SELECTION DE L'EVALUATION

Comme il a été brièvement présenté dans les sections précédentes, la complexité de l'évaluation des pratiques d'adaptation à travers le Sahel ainsi que l'enchaînement approprié des étapes nécessitent une description à travers l'illustration. La figure ci-après décrit le schéma général des étapes et indique la voie privilégiée. Les cadres (petits) et les flèches des actions surlignés en rouge décrivent les points de décision clés où des choix spécifiques doivent être faits. Du fait du grand nombre de variables et de leur interrelation, la meilleure façon d'aborder l'étude des options passe par un examen séquentiel de chaque étape du schéma.

FIGURE 6.1. LE SCHEMA GENERAL DES ETAPES ET LA VOIE PRIVILEGIEE.



7.0 SOURCES

- Baptista, S., L. Brottem, A. de Sherbinin et al., 2013. "Background Paper on: Regional Climate Change Vulnerability Assessment of West Africa." Mars 2013, ARCC.
- Battisti, D.S. et R.L. Naylor. 2009. Historical Warnings of Future Food Insecurity with Unprecedented Seasonal Heat. *Science* Vol. 233(5911) : 240-44.
- Brower, J. et J. Bouma, 1997. Soil and Crop Growth Variability in the Sahel: Highlights of Research (1990-95) à ICRISAT Sahelian Center. Bulletin d'information N° 49. ICRISAT et l'Université Agricole de Wageningen. Patancheru : ICRISAT.
- Cairns, J., Crossa, J., Zaidi, P.H. et al., 2013. Identification of Drought, Heat and Combined Drought and Heat Tolerant Donors in Maize. *Crop Science* Vol52(4): 1335-1346.
- Unité de recherche climatique (CRU) 2010. Climatic Research Unit time-series datasets of variations in climate with variations in other phenomena. Centre for Environmental Data Archival. Téléchargé (16/8/2013)
http://en.wikipedia.org/wiki/File:Africa_1971_2000_mean_temperature.png
- Donat, et al. (28 autres). 2013. 'Undapted Analysis of Temperature and Precipitation Extreme Indices Since the Beginning of the Twentieth Century: The HadEX2 dataset. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* Vol. 118(5): 2098-2118.
- FAO/GIEWS. 1998. Sahel Report No. 1. Sahel Weather and Crop Simulations. In, Lodoun, T., Traore, P.S., Somé, L., Giannini, A., Vaskmann, M., Sanon, M., Rasolodimby, J.M., Sacko, A.F., Wambogo, C., et S. Guinko. 2013. Historical Changes and Recent Trends in Rainy Season Indicators in Burkina Faso. *Environmental Development*, Vol. 5: 96-108.
- Giannini, A., Slack, S., Lodoun, T., Ali, A., Gaye, A.T., et O. Ndiaye. 2013. A Unifying View of Climate Change in the Sahel Linking Intra-Seasonal, Interannual and longer Time Series. *Environmental Research Letters* 8(2) :
- Gittinger, J. Price. 1982. *Economic Analysis of Agricultural Projects*. Deuxième édition. Institut de développement économique EDI Baltimore : John Hopkins Press.
- Gourdji, S.M., Sibley, A.M. and D.B. Lobell. 2013. Global Crop Exposure to Critical High Temperatures in the Reproductive Period: Historical trends and future projections. *Environmental Research Letters* 8(2) :
- Hulme, M., Doherty, R., Ngara, T., News, M. et Lister, D. 2001. African climate change: 1900-2100. *Climate Research* 17 : 145-168. In, Lobel, D. 2011. *Climate change and Agricultural Adaptation*. Global Food Policy and Food Security Symposium Series, Dec. 8, 2011. Université de Sanford, Center on Food Security and the Environment.
- ICRISAT Centre sahélien. 1998. "Locating the Sahel with Reference to the West Africa Rainfall Isohyetes (1960-1990)." Dans, Simpson, B.M. 1999. *Roots of Change: Human behavior and agricultural evolution in Mali*. IT Studies in Indigenous Knowledge and Development. Londres : Intermediate Technology Publications.

- GIEC/RE5. 2013. Groupe de travail I Contributions au cinquième rapport d'évaluation GIEC. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Summary for Policymakers.
- GIEC.2012: Summary for Policymakers. Dans : *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation* [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, et P.M. Midgley (eds.)]. Un Rapport spécial des Groupes de travail I et II du Groupe intergouvernemental d'experts pour l'évolution du climat Presses universitaires de Cambridge, Royaume-Uni et New York, Etats-Unis, pp 1-19
- Jalloh, A., Nelson, G.C., Thomas, T.S., Zoubmoré, R., et H. Roy-Macauley. 2013. West African Agriculture and Climate Change: A comprehensive analysis. Research Monograph. Institut international de recherche sur les politiques alimentaires Washington : IFPRI.
- Jones, J.W., G. Hoogenboom, C.H. Porter et al., 2003. The DSSAT Cropping System Model. *European Journal of Agronomy* 18 (2003) 235-265.
- Kosaka, Y. et S.P. Xie (2013). "Recent Global-Warming Hiatus Tied to Equatorial Pacific Surface Cooling." *Nature on-line*, 28 August 2013.
- Lebel, T. et A. Ali. 2009. Recent Trends in the Central and Western Sahel Rainfall Regime (1990-2007). *Journal of Hydrology* Vol. 375(1-2): 52-64.
- Lodoun, T., Traore, P.S., Somé, L., Giannini, A., Vaskmann, M., Sanon, M., Rasolodimby, J.M., Sacko, A.F., Wambogo, C., et S. Guinko. 2013. Historical Changes and Recent Trends in Rainy Season Indicators in Burkina Faso. *Environmental Development*, Vol. 5: 96-108.
- Lobel, D. 2011. Climate change and Agricultural Adaptation. Global Food Policy and Food Security Symposium Series, Dec. 8, 2011. Université de Sanford, Center on Food Security and the Environment.
- Lobell, D.B. et M.B. Burke. 2010. On the use of statistical models to predict crop yield responses to climate change. *Agricultural and Forest Meteorology*, 150 (11): 1443-1452.
- Lobell, D.B. et M.B. Asner. 2003. Climate and management contributions to recent trends in U.S. agricultural yields. *Science* 299 : 1032.
- Peng, S., J. Huang, J.E. Sheehy et al., 2004. Rice Yields Decline with Higher Night Temperature from Global Warming. *PNAS* 101(27) : 9971-9975.
- Rivington, M. et J. Koo. N.d. "Report of the Meta-Analysis of Crop Modelling for Climate Change and Food Security Survey. Programme défi CCAFS
- Simpson, B.M. 2014. "Agricultural Adaptation To Climate Change In The Sahel: An Approach to Conducting Phenological Screening." *Projet ARCC de l'USAID*.
- Simpson, B.M. 1999. *Roots of Change: Human behavior and agricultural evolution in Mali. IT Studies in Indigenous Knowledge and Development*. Londres: Intermediate Technology Publications.
- Simpson, B.M. 1995. *Knowledge, Innovation and Communication: Contributions of the formal and informal systems to agrarian change in the Office de la Haute Vallée du Niger, Mali. Thèse de doctorat. Département du développement des ressources*. East Lansing: Université du Michigan
- Sivakumar, M.V.K. 1989. 'Agroclimatic Aspects of Rainfed Agriculture in the Sudano-Sahelian Zone.' In, *Soil, Crop, and Water Management Systems for Rainfed Agriculture in the Sudano-Sahelian*

Zone: Proceedings of an International Workshop, 7-11 Jan. 1987, ICRISAT Sahelian Center, Niamey, Niger. Patancheru : ICRISAT.

Traore, B., Corbeels, M., van Wijk, M.T., Rufino, M. et K.E. Giller. 2013. Effects of climate variability and climate change on crop production in southern Mali. *European Journal of Agronomy* 49 (2013) 235-265. 115-125.

ANNEXE A. EXEMPLES DE QUESTIONS ISSUES D'UN MODELE DE RECUEIL DE DONNEES

TABEAU A.I. EXEMPLES DE QUESTIONS ISSUES D'UN MODELE DE RECUEIL DE DONNEES

1. Groupes cibles de CULTURES	2. PRINCIPALES CULTURES/Méthodes Ag/GRN	3. Grandes CULTURES Partenaires opérationnels Ag/GRN Entourer le type d'organisation et écrire le nom de l'organisation dans l'espace prévu à cet effet. Définitions : OI : organisation internationale, OG : organisation gouvernementale, ONG = organisation non gouvernementale, AM = association membre (par exemple les coopératives, associations villageoises, etc.).
<ul style="list-style-type: none"> o Foyers touchés par le SIDA o Personne handicapée/Aveugle o Personnes âgées o Pêcheurs o Réfugiés o Foyers dirigés par les femmes o Agriculteurs pauvres en zone rurale o Autres (Préciser) _____ _____ 	<ul style="list-style-type: none"> o Gestion des ressources naturelles communautaires o Systèmes semenciers communautaires o Programme Vivres contre travail o Ecoles pratiques d'agriculture o Recherche participative des agriculteurs/Extension menée par les agriculteurs o Systèmes de savoir autochtones o Sélection végétale participative o Sélection variétale participative o Evaluation rurale participative o Autres (préciser) _____ 	<ul style="list-style-type: none"> 1. _____ entourer une réponse : OI, OG, ONG, AM 2. _____ entourer une réponse : OI, OG, ONG, AM 3. _____ entourer une réponse : OI, OG, ONG, AM 4. _____ entourer une réponse : OI, OG, ONG, AM 5. _____ entourer une réponse : OI, OG, ONG, AM 6. _____ entourer une réponse : OI, OG, ONG, AM

4. Activité des CULTURES	5. Espèces de CULTURES ou sous-activité
<input type="checkbox"/> Production de cultures vivrières	<input type="checkbox"/> Céréales, <input type="checkbox"/> Légumes, <input type="checkbox"/> Racines /Tubercules, <input type="checkbox"/> Fruits, <input type="checkbox"/> Autres (préciser) _____
<input type="checkbox"/> Production de cultures de rente (marché national)	<input type="checkbox"/> Céréales, <input type="checkbox"/> Légumes, <input type="checkbox"/> Racines /Tubercules, <input type="checkbox"/> Fruits, <input type="checkbox"/> Coton, <input type="checkbox"/> Arachides, <input type="checkbox"/> Sésame, <input type="checkbox"/> Autres (préciser) _____
<input type="checkbox"/> Commercialisation pour l'exportation	<input type="checkbox"/> Céréales, <input type="checkbox"/> Légumes, <input type="checkbox"/> Racines /Tubercules, <input type="checkbox"/> Fruits, <input type="checkbox"/> Coton, <input type="checkbox"/> Arachides, <input type="checkbox"/> Sésame, <input type="checkbox"/> Autres (préciser) _____
<input type="checkbox"/> Systèmes d'irrigation	<input type="checkbox"/> Construction d'infrastructures, <input type="checkbox"/> Restauration <input type="checkbox"/> Autres (préciser) _____
<input type="checkbox"/> Agriculture biologique	<input type="checkbox"/> Céréales, <input type="checkbox"/> Légumes, <input type="checkbox"/> Racines /Tubercules, <input type="checkbox"/> Fruits, <input type="checkbox"/> Coton, <input type="checkbox"/> Arachides, <input type="checkbox"/> Sésame, <input type="checkbox"/> Autres (préciser) _____
<input type="checkbox"/> Gestion intégrée des ravageurs	<input type="checkbox"/> Céréales, <input type="checkbox"/> Légumes, <input type="checkbox"/> Racines /Tubercules, <input type="checkbox"/> Fruits, <input type="checkbox"/> Coton, <input type="checkbox"/> Arachides, <input type="checkbox"/> Sésame, <input type="checkbox"/> Autres (préciser) _____
<input type="checkbox"/> Contrôle de l'érosion	Types de techniques : <input type="checkbox"/> labour suivant les courbes de niveau, <input type="checkbox"/> barres rocheuses, <input type="checkbox"/> terrasses, <input type="checkbox"/> herbe de vétiver, <input type="checkbox"/> Autres (Préciser)_____
<input type="checkbox"/> Gestion de la fertilité du sol	Types de techniques : <input type="checkbox"/> compost, <input type="checkbox"/> cultures de couverture, <input type="checkbox"/> culture intercalaire/rotations de légumineuses, <input type="checkbox"/> fumier, <input type="checkbox"/> Autres (Préciser)_____
<input type="checkbox"/> Multiplication / Dissémination des semences	<input type="checkbox"/> Céréales, <input type="checkbox"/> Légumes, <input type="checkbox"/> Racines /Tubercules, <input type="checkbox"/> Fruits, <input type="checkbox"/> Coton, <input type="checkbox"/> Arachides, <input type="checkbox"/> Sésame, <input type="checkbox"/> Autres (préciser) _____
<input type="checkbox"/> Mécanisation	Type : <input type="checkbox"/> Traction animale, <input type="checkbox"/> tracteurs/multiculture de riz <input type="checkbox"/> Récolte, <input type="checkbox"/> post-récolte, <input type="checkbox"/> Autres (Préciser)_____

<input type="checkbox"/> Traitement à valeur ajoutée	Produits(1) _____ Produits(2) _____ Produits(3) _____ Produits(4) _____ Produits(5) _____
<input type="checkbox"/> Stockage	Expliquer : _____
<input type="checkbox"/> Droit de jouissance des ressources	<input type="checkbox"/> Défense des intérêts, <input type="checkbox"/> Représentation juridique, <input type="checkbox"/> Services de médiation, <input type="checkbox"/> Etudes, <input type="checkbox"/> Autres (préciser) _____
<input type="checkbox"/> Autres (préciser) _____	Expliquer : _____

- 6. Catégories fonctionnelles de CULTURES :** Construction d'infrastructures, Fourniture d'intrants et d'équipements,
 Octroi de crédit, Formation en gestion des entreprises/technique, Organisations locales/Coopératives, Services de vulgarisation/ou techniques, Recherche/Développement,
 Autres (Préciser) _____

U.S. Agency for International Development

1300 Pennsylvania Avenue, NW

Washington, DC 20523

Tel: (202) 712-0000

Fax: (202) 216-3524

www.usaid.gov