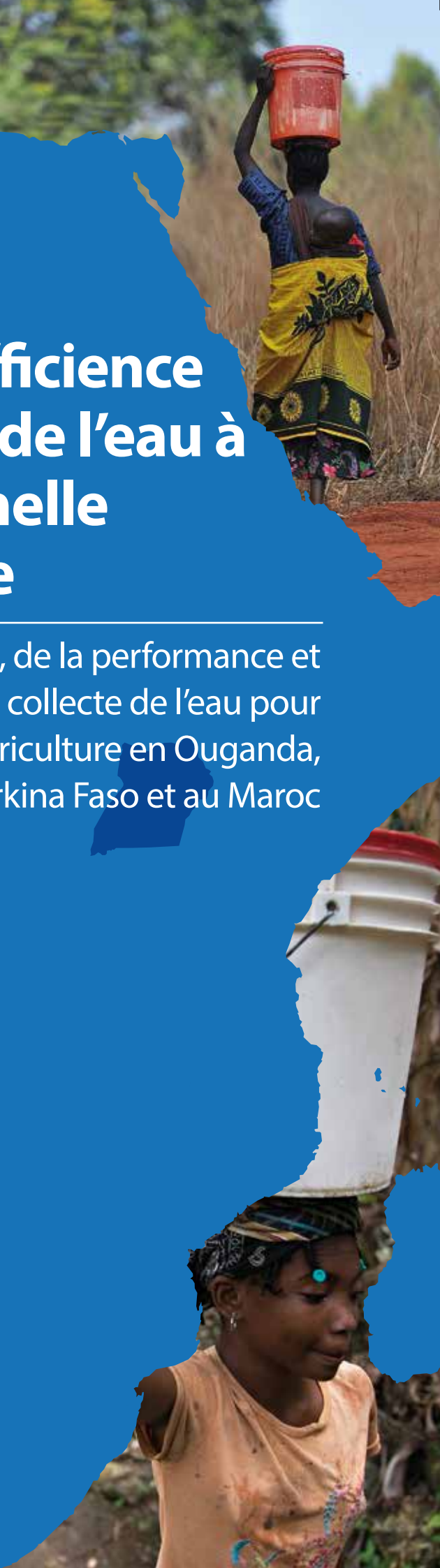




Organisation des Nations Unies
pour l'alimentation et l'agriculture

Renforcement de l'efficience et de la productivité de l'eau à usage agricole à l'échelle africaine et mondiale

Evaluation de la situation, de la performance et
de la portée de la collecte de l'eau pour
l'agriculture en Ouganda,
au Burkina Faso et au Maroc



Renforcement de l'efficiencia et de la productivité de l'eau à usage agricole à l'échelle africaine et mondiale

Evaluation de la situation, de la performance et de
la portée de la collecte de l'eau pour l'agriculture en
Ouganda, au Burkina Faso et au Maroc

Par

Maher Salman, Lisa Bunclark & Motasem AbuKhalaf

Division des terres et des eaux de la FAO

et

**Cecilia Borgia, Laura Guarnieri, Otto Hoffmann, Francesco Sambalino
& Frank van Steenbergen**

Réseau pour l'irrigation de crue

Fethi Lebdi

FAO AgWA Secretariat

Les appellations employées dans ce produit d'information et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) aucune prise de position quant au statut juridique ou au stade de développement des pays, territoires, villes ou zones ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites. La mention de sociétés déterminées ou de produits de fabricants, qu'ils soient ou non brevetés, n'entraîne, de la part de la FAO, aucune approbation ou recommandation desdits produits de préférence à d'autres de nature analogue qui ne sont pas cités.

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

ISBN 978-92-5-209350-3

© FAO, 2016

La FAO encourage l'utilisation, la reproduction et la diffusion des informations figurant dans ce produit d'information. Sauf indication contraire, le contenu peut être copié, téléchargé et imprimé aux fins d'étude privée, de recherches ou d'enseignement, ainsi que pour utilisation dans des produits ou services non commerciaux, sous réserve que la FAO soit correctement mentionnée comme source et comme titulaire du droit d'auteur et à condition qu'il ne soit sous-entendu en aucune manière que la FAO approuverait les opinions, produits ou services des utilisateurs.

Toute demande relative aux droits de traduction ou d'adaptation, à la revente ou à d'autres droits d'utilisation commerciale doit être présentée au moyen du formulaire en ligne disponible à www.fao.org/contact-us/licence-request ou adressée par courriel à copyright@fao.org.

Les produits d'information de la FAO sont disponibles sur le site web de la FAO (www.fao.org/publications) et peuvent être achetés par courriel adressé à publications-sales@fao.org.

Sommaire

Remerciements	vi
Acronymes et abréviations	vii
Introduction	1
Gestion de la collecte de l'eau pour l'agriculture et transformation des paysages	1
Objectif et portée de cette évaluation	2
Comprendre la situation de la gestion de l'agriculture et de l'eau en Ouganda, au Burkina Faso et au Maroc	3
L'Ouganda	3
Le Burkina faso	6
Le Maroc	9
Effets et expansion à plus grande échelle de la collecte de l'eau	13
L'importance des microclimats dans la productivité agricole	13
Influencer les microclimats par la collecte de l'eau	13
Savoir quelles techniques de CE promouvoir et où	13
Méthodologie: l'analyse multicritères (AMC)	18
La méthodologie de l'AMC	18
Limites de l'évaluation	18
Résultats de l'analyse multicritères	20
L'Ouganda	20
Le Burkina faso	27
Le Maroc	33
Conclusion	41
Références	43
Annexe I: critères et indicateurs de l'AMC	46

Liste des figures

Figure 1: Infographie sur l'effet des techniques de CE sur le microclimat	14
Figure 2: Exemple de bassin à banquettes alimenté par un ponceau	21
Figure 3: Eaux de ruissellement s'écroulant dans un petit bassin de collecte de l'eau	22
Figure 4: Bassin creusé de collecte dans une vallée	24
Figure 5: Diguette de terre dans un champ de sorgho rouge	25
Figure 6: Fosses de plantation pour bananiers	26
Figure 7: Agriculteurs travaillant à un processus de compostage aérobie	28
Figure 8: Bandes enherbées intégrées à des sillons en courbes de niveau pour améliorer l'infiltration	29
Figure 9: Paillage avec des résidus de cultures	31
Figure 10: Exemple de demi-lunes plantées de sorgho	32
Figure 11: Prise de l'eau à muret de dérivation (à gauche); et prise traditionnelle à éperon de détournement (à droite)	34
Figure 12: Terrasses-banquettes limitant le ruissellement (en haut) et terrasses-banquettes à plateaux inclinés vers l'intérieur qui augmentent le temps de rétention d'eau (en bas)	36
Figure 13: Oliveraie utilisant des demi-lunes pour capter les eaux de ruissellement des pentes dans le pré-Rif oriental	38
Figure 14: Cultures intercalaires de maïs et haricots verts	39

Liste des tableaux

Table 1: Critères utilisés pour évaluer les techniques de CE dans l'AMC et poids associés	17
Table 2: Critères et indicateurs associés utilisés dans l'AMC	17
Table 3: Aperçu des techniques examinées dans les trois pays de cette évaluation	19
Table 4: Résultats de l'AMC pour les cinq techniques de CE les plus performantes en Ouganda	20
Table 5: Résultats de l'AMC pour les cinq techniques de CE les plus performantes au Burkina Faso	27
Table 6: Résultats de l'AMC pour les cinq techniques de CE les plus performantes au Maroc	33

Liste des encadrés

Encadré 1: Huit principes pour la réussite de la collecte de l'eau	15
Encadré 2: Comprendre les critères et indicateurs	18

Remerciements

Ce rapport se fonde sur une évaluation réalisée en 2015 pour l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) et le Partenariat pour l'eau à usage agricole en Afrique (AgWA) par le Réseau pour l'irrigation de crue, dans le cadre du projet GCP/INT/231/SWI: «Renforcement de l'efficience et de la productivité de l'eau à usage agricole à l'échelle africaine et mondiale», et financée par la direction suisse du développement et de la coopération (DDC), à titre de contribution au résultat 3 du projet : Amélioration de la capacité de collecte de l'eau à usage agricole au Burkina Faso, au Maroc et en Ouganda.

Nous remercions tout particulièrement le personnel du Réseau pour l'irrigation de crue pour leur travail sur les évaluations nationales détaillées de la performance et de la portée des techniques de collecte de l'eau effectuées en Ouganda, au Burkina Faso et au Maroc.

Liste des acronymes et abréviations

2iE	Institut international d'ingénierie de l'eau et de l'environnement
AMC	Analyse multicritères
ASARECA	Association pour le renforcement de la recherche agricole en Afrique centrale et orientale
ASDSIP	Stratégie de développement et plan d'investissement du secteur agricole
CE	Collecte de l'eau
CILSS	Comité permanent inter-états de lutte contre la sécheresse dans le Sahel
CPM	Cabinet du Premier ministre
DCS	Direction de la conservation des sols
DIAEA	Direction de l'irrigation et de l'aménagement de l'espace agricole
Dm	Dirham marocain
DSIP	Stratégie de développement et plan d'investissement
ET	Evapotranspiration
FCFA	Franc d'Afrique de l'Ouest
FFS	Ecoles d'agriculture de terrain
GDT	Gestion durable des terres
GEA	Gestion de l'eau à usage agricole
GIZ	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit
HCEFLCD	Haut Commissariat aux eaux et forêts et à la lutte contre la désertification
IAV	Institut agronomique et vétérinaire Hassan II
INERA	Institut national de l'environnement et des recherches agricoles

JP	Jour-personne
MAAIF	Ministère de l'agriculture, de l'élevage et de la pêche
MAPM	Ministère de l'agriculture et de la pêche maritime
MARHASA	Ministère de l'agriculture, des ressources hydrauliques, de l'assainissement et de la sécurité alimentaire
MDCE	Ministère délégué chargé de l'eau
MWE	Ministère de l'eau et de l'environnement
NAADS	Services consultatifs nationaux pour l'agriculture
NDP	Plan national de développement
NWP	Politique nationale de l'eau
ONCA	Office national du conseil agricole
ONG	Organisation non gouvernementale
PI	Petite irrigation
PIB	Produit intérieur brut
PMA	Plan de modernisation de l'agriculture
SVA	Système de vulgarisation agricole
UCC	Unité Changement climatique
USh	Shilling ougandais
WfP	Service de l'eau pour la production
WfAP	L'eau pour la production agricole
WOCAT	Panorama mondial des approches et techniques de conservation
ZAE	Zones agro-écologiques

Introduction

Photo: ©FAO/Giulio Napolitano

Gestion de la collecte de l'eau pour l'agriculture et transformation des paysages

La meilleure définition de la collecte de l'eau (CE) est la «collecte des eaux de ruissellement pour un usage productif» (Critchley & Siegert. 1991). Elle peut se diviser en deux catégories: (1) la collecte des eaux de pluie, soit la pratique de collecter les eaux de ruissellement provenant des surfaces naturelles et des surfaces artificielles comme les toitures; et (2) la collecte des eaux de crue, soit la pratique de collecter l'écoulement des cours d'eau éphémères (Critchley & Siegert. 1991).

Il existe un vaste éventail de techniques de CE qui peuvent s'appliquer à diverses conditions géographiques. Parmi les usages productifs figurent l'approvisionnement en eaux à usage domestique et pour le bétail, la collecte des eaux de ruissellement pour les cultures et la production de fourrage et d'arbres, et plus rarement l'approvisionnement en eau pour les étangs à poissons et canards (Critchley & Siegert. 1991). De nombreuses techniques de CE sont issues des pratiques agricoles locales, mais d'autres sont importées d'autres zones géographiques (régions ou pays). Les techniques de CE sont souvent associées à des pratiques agronomiques et forestières telles que la plantation d'arbres, la gestion de la fertilité du sol et l'amélioration des capacités d'infiltration et de rétention d'eau des sols.

Une approche possible de la CE est le concept du stockage de l'eau. Il s'agit de stocker l'eau quand elle est abondante, puis de la mettre à disposition quand elle se raréfie; l'entreposage est donc l'élément clef de cette approche. L'intégration planifiée et systématique de petites structures de stockage dans le paysage peut permettre de créer une réserve d'eau qui aide à faire face au caractère saisonnier de l'approvisionnement en eau et aux sécheresses. Il existe trois catégories de stockage:

1. Le stockage des eaux souterraines
2. Le stockage de l'humidité dans le sol
3. Le stockage en surface

Il est possible d'utiliser toutes ces solutions séparément, mais pour créer une meilleure réserve d'eau, elles sont plus efficaces lorsqu'elles sont pleinement intégrées les unes aux autres et à l'échelle du paysage. Cette approche, appelée solution 3R, peut s'appliquer dans divers

environnements: dans les zones arides et humides, dans les régions de collines et aussi dans les plaines plates inondables. Si les paysages sont transformés à grande échelle, cela modifie en même temps de nombreux processus: l'hydrologie, les processus de sédimentation, le microclimat, la chimie des sols, le cycle des nutriments et la régénération du couvert végétal. L'eau stockée dans la réserve d'eau peut être utilisée à des fins multiples comme l'agriculture, l'abreuvement du bétail et les usages domestiques.

L'Ouganda, le Burkina Faso et le Maroc, comme de nombreux autres pays africains, misent sur l'agriculture pour stimuler leur développement social et économique. La plupart des petits exploitants agricoles dépendent de la production agricole pluviale pour assurer leur subsistance. Parallèlement, l'irrégularité et l'imprévisibilité des précipitations constituent l'un des principaux facteurs de la faiblesse de la productivité agricole. Il est donc essentiel de gérer les rares pluies pour améliorer la sécurité alimentaire et les moyens de subsistance. En fait, c'est dans les zones d'agriculture pluviale où la gestion de l'eau est cruciale que les plus importantes augmentations de rendement sont possibles (Molden, 2007).

Objectif et portée de cette évaluation

L'évaluation décrite dans le présent rapport fait partie du projet «Renforcement de l'efficacité et de la productivité de l'eau à usage agricole à l'échelle africaine et mondiale», qui vise à réduire la faim et la pauvreté dans trois pays africains (Burkina Faso, Maroc et Ouganda) en mettant l'accent sur l'amélioration de la GEA et son intégration dans les cadres et processus nationaux. Ce rapport contribue en particulier au résultat 3 du projet: Amélioration de la capacité de collecte de l'eau à usage agricole au Burkina Faso, au Maroc et en Ouganda.

Cette évaluation cible les agents de vulgarisation et les experts techniques travaillant dans le domaine de l'eau à usage agricole. Elle leur donne des indications claires sur la manière d'améliorer la capacité de CE pour la production agricole dans les trois pays de l'étude de cas, ainsi que sur la façon de choisir des techniques de CE réalisables et adaptées pour différentes zones géographiques. C'est une évaluation de la situation, de la performance et de la portée de la CE visant à permettre son amélioration pour l'agriculture dans les trois pays, qui présente un éventail de technologies et précise dans quelle mesure leur application est adaptable et réalisable dans les conditions prévalant dans ces pays.

Ce rapport résume l'évaluation de 42 meilleures pratiques de CE utilisées dans les trois pays de l'étude de cas, réalisée grâce à une analyse multicritères (AMC). Chacune des techniques de CE sélectionnées est déjà largement appliquée ou pourrait l'être en Ouganda, au Burkina Faso et/ou au Maroc.

Les objectifs de l'évaluation détaillée des technologies de CE dans les trois pays sont les suivants:

- Présenter les diverses pratiques de CE, celles qui sont déjà utilisées dans les trois pays et celles mises en œuvre dans d'autres nations, ainsi que leurs principales caractéristiques, avantages et contraintes
- Evaluer leur performance en fonction de plusieurs critères biophysiques, techniques et socio-économiques
- Aider à la prise de décisions relativement au choix d'une ou plusieurs techniques de CE combinées présentant des impacts positifs sur l'environnement, le développement socio-économique et la productivité et rentabilité agricole.

Comprendre la situation de la gestion de l'agriculture et de l'eau en Ouganda, au Burkina Faso et au Maroc



Photo: ©FAO/Giulio Napolitano

L'Ouganda

Climat et caractéristiques physiques du paysage

L'Ouganda est le troisième plus grand pays d'Afrique de l'Est et se trouve en quasi totalité dans le bassin du Nil. Il a des frontières communes avec la République démocratique du Congo, le Kenya, le Rwanda, le Soudan du Sud et la Tanzanie. Le pays est caractérisé par des paysages très différents, dans lesquels plusieurs élévations montagneuses à sommet plat dominent les collines du sud, séparées par de vastes vallées généralement occupées par des marécages.

Le pays se caractérise essentiellement par un climat équatorial qui affiche de légères différences dans les précipitations et températures annuelles. Un climat subhumide sec s'impose dans 67 pour cent de la topographie du pays, alors que 20 pour cent des terres sont catégorisées comme semi-arides. Les précipitations varient dans le nord-est de 750 mm par an dans les zones pastorales du Karamoja à 1 500 mm par an sur les chaînes montagneuses et près des rives du Lac Victoria (AQUASTAT, 2015). Le sud de l'Ouganda reçoit toute l'année d'importantes précipitations, la plupart se produisant entre mars et juin, puis de novembre à décembre. Dans le nord, vers le Soudan du Sud, le climat devient plus aride avec une période plus sèche de novembre à février.

Selon les estimations, l'ensemble des ressources en eau renouvelables de l'Ouganda s'élèverait à 66 km³ par an, mais seulement 0,5 pour cent de ces ressources seraient utilisées; cela ouvre la perspective d'un développement des ressources en eau au bénéfice de la production agricole. L'Ouganda est doté d'abondantes ressources en eaux de surface s'élevant jusqu'à 43,3 km³ par an, mais le ruissellement présente d'importantes différences spatiales. Les fortes variations des précipitations saisonnières font varier le débit des cours d'eau et le manque d'eau, dans les zones proches du Lac Victoria, se manifeste généralement par des périodes de sécheresse entre décembre et février et de juin à septembre.

La formation géologique ougandaise, l'une des plus anciennes de la région, est recouverte de sols ferralitiques et ferrugineux (Sabiiti & Teka, 2004), dont les minces couches supérieures (20-30 cm) et les sous-sols profonds (5-10 m) sont constitués de limons argileux ou sableux. Les sols de limons argileux sont prédominants dans les régions plus humides.

L'Ouganda se divise en quatre grandes zones agro-écologiques (ZAE):

- **La zone de haute altitude:** caractérisée par des cultures de zone tempérée dans certaines régions de l'Ankole, du Kigezi, du Mbale, du Sabel et du Toro et dans le district West Nile.
- **Les zones pastorales arides à semi-arides:** caractérisées par des systèmes pastoraux, elle se situent essentiellement dans l'est de l'Ankole, le Karamoja et l'ouest du Masaka.
- **Les zones de steppe à herbages courts du nord et de l'est:** caractérisées par des systèmes agricoles mixtes tels que coton-éleusine cultivée et herbages courts.
- **Les zones de savane à hautes herbes du sud et de l'ouest:** caractérisées par des systèmes agricoles mixtes tels que des cultures pérennes et annuelles et des herbages hauts.

Le secteur agricole

Le secteur agricole de l'Ouganda joue un rôle central dans le pays puisqu'il emploie environ 80 pour cent de la population, ce qui équivaut à 33 pour cent du produit intérieur brut (PIB) ougandais (GDP) (Wanyama, 2014). Malgré cela, la sous-alimentation reste courante et touche 35 pour cent de la population. La majorité des habitants sont de petits et moyens exploitants agricoles occupant en moyenne 2,5 hectares. Ces niveaux de sous-alimentation sont dus à la stagnation de la productivité du secteur agricole et à la forte dépendance aux précipitations. En ce qui concerne la pratique de l'irrigation, la totalité des superficies cultivées irriguées représente moins d'un pour cent de l'ensemble. Les rendements des cultures au niveau des exploitations ont été relevés et comparés pour les besoins de la Stratégie de développement et du plan d'investissement du secteur agricole ougandais (ASDSIP). Les résultats montrent que les rendements des cultures sont bien inférieurs au potentiel réalisable, ce qui révèle de vastes perspectives d'amélioration.

Le cadre institutionnel

Le Ministère de l'agriculture, de l'élevage et de la pêche (MAAIF) et le Ministère de l'eau et de l'environnement (MWE) encouragent tous les deux la CE. Il existe plusieurs initiatives telles que la construction de citernes de collecte de l'eau à partir des toits et de barrages/réservoirs dans les vallées, qui sont directement soutenues par le Cabinet du Premier Ministre (CPM). Par ailleurs, des institutions telles que l'Unité Changement climatique (UCC), le Service de l'eau pour la production (WfP) du MWE et L'eau pour la production agricole (WfAP) partagent des responsabilités identiques.

La Politique nationale de l'eau (NWP) (MWLE, 1999) définit un objectif directeur clair concernant l'eau pour la production:

'promouvoir le développement d'un approvisionnement en eau pour la production agricole afin de moderniser l'agriculture et d'atténuer les effets de variations climatiques dans l'agriculture pluviale.'

La NWP précise également les responsabilités particulières de chaque ministère de tutelle. Par exemple, Le MAAIF est par exemple chargé de planifier, conseiller, superviser et contrôler la gestion et l'utilisation des plans d'irrigation, de pêche et d'élevage.

Parallèlement à la NWP, le Plan national de développement (NDP) fixe les bases de la Stratégie de développement et plan d'investissement du secteur agricole (DSIP). L'eau pour la production agricole (WfAP) est une action thématique dans le cadre de la DSIP qui a pour objectif de développer des infrastructures afin d'approvisionner en eau les exploitants pour leur production agricole, soit pour l'irrigation, l'abreuvement du bétail et l'aquaculture, entre autres.

Dans le cadre de la composante d'aide à l'irrigation de cette action thématique, la collecte de l'eau est reconnue comme une méthode viable qui doit être appuyée pour permettre aux agriculteurs de pratiquer une irrigation d'appoint (WfAP, 2012).

Services de renforcement des capacités et de vulgarisation

A l'heure actuelle, trois organismes assurent en Ouganda la plupart des services de renforcement des capacités et de vulgarisation en matière de collecte de l'eau pour l'amélioration de la production agricole: (1) les universités et les instituts de recherche; (2) les systèmes de vulgarisation agricole – les services consultatifs nationaux pour l'agriculture (NAADS); et (3) d'autres organisations et réseaux.

Le Système de vulgarisation agricole ougandais (SVA) a été radicalement réformé suite à un Plan de modernisation de l'agriculture (PMA) qui s'est traduit par la création des NAADS en 2001. Les NAADS ont été mis en place parce qu'à l'époque les services publics de vulgarisation étaient coûteux et inefficaces. Afin de les améliorer, les NAADS ont été dotés d'une structure décentralisée fondée sur la création de forums d'agriculteurs et d'institutions au niveau des districts, sous-comtés, paroisses et communautés. Néanmoins, les NAADS ne réussissent que partiellement à remplir leur mission, ce qui explique pourquoi les agriculteurs ne connaissent généralement pas les techniques de CE ni celles de conservation des sols et des eaux (CSE) et ne savent pas quoi faire, ni comment chercher une assistance technique.

D'autres organisations et réseaux s'activent à fournir des services de vulgarisation en Ouganda. L'Association pour le renforcement de la recherche agricole en Afrique centrale et orientale (ASARECA), formée en 1994 par divers instituts nationaux de recherche agricole relevant de dix pays membres, partage des initiatives semblables dans les pays membres avec l'objectif de renforcer les capacités africaines. Elle contribue à renforcer les capacités institutionnelles et humaines (en matière de vulgarisation et recherche agricoles) et les services d'appui à l'agriculture, ainsi qu'à responsabiliser les agriculteurs (ASARECA, 2007). L'objectif est d'intégrer la CE, en en soulignant l'importance, avec d'autres approches de gestion durable des terres (GDT) pour améliorer la production agricole en Ouganda et dans la région.

Potentiel de la collecte de l'eau et mesures nécessaires

Il existe dans les zones d'agriculture pluviale de l'Ouganda des tentatives dispersées de techniques de CE in situ. De nombreux petits exploitants agricoles essaient d'améliorer leur production pluviale grâce à des techniques de CE telles que des rangs de débris végétaux, l'aménagement de terrasses et la collecte de l'eau in situ pour les plantations de bananiers. Un grand nombre de ces techniques de CE semblent bien marcher dans les conditions biophysiques et socio-économiques ougandaises, ce qui indique qu'elles sont aussi bien connues des agriculteurs. Certaines techniques de CE comme les bassins de collecte dans les vallées, introduites par des ONG et les autorités gouvernementales dans des zones pastorales comme le Karamoja, sont maintenant mises en application dans d'autres ZAE et il devrait être possible de les utiliser pour la petite irrigation. Parallèlement, l'aménagement de terrasses a été montré aux agriculteurs des zones montagneuses où les communautés ont commencé à utiliser cette technique sur les terres en pente. A cause de la pression démographique et de la pénurie croissante de terres, les communautés ont aussi commencé à adopter certains types d'aménagements en terrasses dans les zones de plus faible altitude. Mais bien peu a été fait pour étudier et documenter pleinement ces techniques et les élargir à différentes ZAE.

Il existe dans l'ensemble du contexte ougandais diverses opportunités à saisir et mesures à prendre en matière de CE, particulièrement en ce qui concerne la sensibilisation, le renforcement des

capacités et la gestion des ressources. Il faut former le personnel des institutions gouvernementales et du savoir aux nouveaux systèmes de gestion applicables dans le pays, ainsi qu'à la planification, à la mise en œuvre et aux techniques de la CE. Il faut aussi revoir les programmes et matériels pédagogiques sur la CE enseignés dans les instituts techniques et universités, et former le personnel des ONG afin de pouvoir constamment présenter et encourager les techniques de CE au niveau local et sensibiliser les agriculteurs aux avantages de ces techniques pour leur production agricole.

Il faut également renouveler une approche globale de la communication entre les institutions gouvernementales locales et nationales et l'harmoniser entre les diverses unités d'appui technique. A l'heure actuelle, une grande partie des données sur les techniques de CE et leurs impacts sont dispersées et fragmentées; il sera donc nécessaire d'améliorer la communication et de minimiser la bureaucratie pour permettre une collecte, un stockage et une diffusion efficaces des données. Ces changements permettront le développement indispensable de procédures claires de recharge et de rétention des eaux, ainsi que de directives nationales sur la manière d'améliorer les techniques de CE.

Burkina Faso

Climat et caractéristiques physiques du paysage

Le climat du Burkina Faso est essentiellement tropical et comporte deux grandes saisons. La saison sèche se caractérise par des vents chauds et secs en provenance du nord (Sahara) et la saison des pluies par des précipitations intenses et des vents chargés d'humidité soufflant du sud. La pluviométrie varie du nord au sud, les régions méridionales du pays recevant davantage de précipitations. L'évapotranspiration potentielle (ET) diffère également du nord au sud. Dans la zone sahélienne, elle peut atteindre 2 260 mm par an, alors que dans d'autres régions elle s'élève à 1 800 mm par an.

Le Burkina Faso est un pays relativement plat caractérisé par des paysages légèrement pentus et quelques collines. Les sols sont généralement pauvres et sujets à la dégradation. Il existe huit principaux groupes de sols dans l'ensemble du pays, mais les sols érodés en mauvais état et les sols ferrugineux lessivés occupent approximativement les deux tiers de la superficie. En général, ceux-ci ont une faible teneur en éléments nutritifs, particulièrement en phosphore et azote, et leur profondeur est habituellement limitée par une croûte qui dans certains cas émerge en surface. Tous les sols souffrent des effets du ruissellement et de l'érosion qui en découle (Roose, 1977). C'est dans la zone sahélienne que l'érosion éolienne est la plus évidente, là où les précipitations annuelles moyennes sont égales ou inférieures à 600 mm.

Les variations du climat et de la végétation permettent de définir trois zones agro-écologiques au Burkina Faso:

- **La zone sahélienne:** située dans le nord du pays, elle reçoit des précipitations annuelles moyennes de 300-600 mm, avec une saison sèche qui dure d'octobre à juin. Arbustes et graminées dominent le paysage et quelques arbres bordent les cours d'eau saisonniers et se concentrent dans les dépressions humides qui recueillent naturellement les eaux de pluie. Cette zone permet une courte période de culture de moins de 100 jours par an.
- **La zone nord-soudanienne:** située au centre du pays, elle reçoit des précipitations annuelles moyennes de 600-900 mm, avec une saison humide qui dure de juin à octobre. Cette zone se caractérise essentiellement par une savane relativement sèche présentant un mélange d'arbustes et d'arbres occasionnels.

- **La zone sud-soudanienne:** située dans la partie la plus au sud du pays, elle reçoit davantage de précipitations que les autres zones, soit entre 900 et 1 200 mm par an. La saison des pluies se prolonge sur six à sept mois et le paysage est recouvert d'une végétation dense et luxuriante. Cette zone bénéficie d'une saison culturale légèrement plus longue d'environ 160 jours par an, où l'agriculture pluviale serait plus favorable.

Plusieurs cours d'eau parcourent le pays mais les fleuves Mouhoun et Comoé sont les seuls qui coulent à l'année longue, tandis que les autres sont des cours d'eau saisonniers (AQUASTAT, 2015). Selon les estimations, les ressources en eau renouvelables du Burkina Faso s'élèveraient à 12,5 km³ par an, mais seulement 6,5 pour cent de ce total est utilisé, soit 818 millions de m³ par an.

Le secteur agricole

L'agriculture contribue fortement à l'économie du Burkina Faso puisqu'elle représentait 30 pour cent du produit intérieur brut (PIB) en 2012 et qu'elle emploie plus de 90 pour cent de la population active (FAO, 2014a). Les céréales et les légumineuses sont les principales cultures de base produites pour la vente et la consommation à l'intérieur du pays, tandis que le coton est la plus importante culture d'exportation (AQUASTAT, 2015). Il n'est donc pas surprenant que l'agriculture soit la principale source de revenus pour la majorité des ménages (FAO/IWMI, 2010).

L'agriculture est en général une activité exercée à petite échelle, 95 pour cent des exploitations occupant 10 hectares ou moins et 73 pour cent 5 hectares ou moins (FAO, 2014b). La production céréalière (en particulier le mil et le sorgho) représente le principal secteur agricole et fournit 42 pour cent des revenus agricoles des ménages (EBCVM, 2003 cité dans FAO, 2008). Le gouvernement national considère qu'une amélioration de la GEA, incluant la CE, est nécessaire pour permettre aux petits agriculteurs du Burkina Faso de mettre en œuvre un développement durable de la production agricole et contribuer à garantir que les rendements des cultures couvrent à l'avenir les besoins alimentaires fondamentaux de la population.

Le cadre institutionnel

Dans le Ministère de l'agriculture, des ressources hydrauliques, de l'assainissement et de la sécurité alimentaire (MARHASA) qui a récemment été créé, la CE est gérée par la Direction générale de la gestion agricole et du développement de l'irrigation. Cette dernière a été mise en place pour permettre une évolution progressive vers l'agriculture irriguée et sécuriser la production de l'agriculture pluviale. La gestion des terres dégradées (estimées à plus d'un million d'hectares) et leur réhabilitation figurent parmi les principaux objectifs de la Direction.

Au sein de la Direction générale, la Direction de la conservation des sols (DCS) est directement responsable de la CE au niveau des exploitations. La DCS est relativement récente et cherche à orienter les mesures régionales et nationales vers la CE. Elle a en outre commencé à collaborer avec plusieurs organisations afin d'améliorer ses capacités internes et de stimuler la coopération. Elle a déjà mis en place des partenariats de développement et recherche avec des organisations comme l'Institut national de l'environnement et des recherches agricoles (INERA), l'Institut international d'ingénierie de l'eau et de l'environnement (2iE), et la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ).

L'une des principales activités de la DCS est de créer dans tout le pays plus de 10 000 petits bassins de CE pour la petite irrigation (PI). La construction de bassins de CE d'une capacité de 250-300 m³ devrait apporter et améliorer la sécurité alimentaire et permettre la production de cultures de rapport. Les bassins sont conçus pour permettre la production sur 0,25 hectare des cultures de base nécessaires à un ménage comprenant quatre personnes, ainsi que la pratique d'une irrigation d'appoint pour faire face aux périodes de sécheresse.

Services de renforcement des capacités et de vulgarisation

A l'heure actuelle, c'est le MARHASA qui assure au Burkina Faso la vulgarisation agricole, en collaboration avec des ONG nationales et internationales et des organisations publiques et privées. Les autres ministères contribuant aux services de vulgarisation sont le Ministère de la recherche scientifique et de l'innovation (MRSI), le Ministère de l'environnement et du développement durable et le Ministère des ressources animales. En ce qui concerne la recherche, l'INERA, 2iE et l'Université de Ouagadougou sont les principales institutions menant des recherches sur la GEA et la CE.

Suite aux programmes d'ajustement structurel, le réseau des agents de vulgarisation a fortement diminué ces dernières années, ce qui fait qu'un seul agent doit couvrir tout un département. En outre, ces agents ont en général des connaissances techniques insuffisantes et changent souvent de postes. Il y a toutefois de plus en plus d'organisations agricoles expérimentées capables de fournir des conseils techniques sur les thèmes traditionnellement traités par les services de vulgarisation agricole.

Potentiel de la collecte de l'eau et mesures nécessaires

Les investissements dans les techniques de collecte de l'eau sont très importants au Burkina Faso. Certaines techniques de CE sont utilisées depuis des générations, comme les fosses «zaï» issues des pratiques locales, mais d'autres ont été introduites par les divers projets de développement mis en œuvre dans le pays depuis les années 60, comme les bassins de CE et le système Vallerani-Delfino. Les techniques de CE sont très utilisées dans la région du plateau central, où les agriculteurs les ont adoptées, en collaboration avec les services gouvernementaux, pour lutter contre la dégradation de l'environnement et faire face aux impacts de la variabilité climatique sur l'agriculture et l'environnement.

Il existe dans le pays un vaste éventail de techniques de CE en raison de la grande variabilité des précipitations sur le plan spatial, temporel et volumique. Parmi ces techniques figurent: celles qui permettent de contrôler le ruissellement et la sédimentation en augmentant l'infiltration (les «zaï», demi-lunes, diguettes en terre, diguettes pierreuse, cordons pierreux, bandes enherbées, etc.); celles qui améliorent la structure du sol, l'infiltration des eaux, les relations eau-sol-plantes et les processus de minéralisation en stimulant l'activité biologique dans le sol («zaï», paillage, compostage, etc.); et celles qui permettent l'irrigation d'appoint en stockant l'eau dans des réservoirs de surface (boulis, etc.).

Les techniques de stockage de l'humidité du sol employées au Burkina Faso sont des technologies éprouvées qui sont bien acceptées par les techniciens aussi bien que par les agriculteurs. Ces acquis peuvent être renforcés par la reconnaissance des cas de réussites locales et par l'appui au transfert des connaissances de terrain que permettent les écoles d'agriculture de terrain (FFS), les innovations des agriculteurs et les approches d'agriculteur à agriculteur. Dans de nombreux cas, les agriculteurs connaissent les techniques mais ce sont les coûts des intrants (ex.: les pierres pour les cordons pierreux) et les défauts de conception

qui entravent leur mise en œuvre. Le manque de biomasse et d'engrais organiques est aussi un problème récurrent qui freine l'amélioration de la rétention d'humidité des sols et par conséquent l'augmentation de la productivité des cultures. Il faut donc intégrer la gestion des matières organiques et de la fertilité des sols aux techniques de CE pour garantir les meilleures performances possibles.

En général, l'agriculture pluviale et la gestion des eaux de pluie sont considérées de plus en plus favorablement au niveau gouvernemental et local, mais il existe encore des insuffisances au niveau de la coordination des divers efforts et de l'adaptation des techniques aux contextes locaux. En ce qui concerne la formation des exécutants, la CE est assurée à divers degrés dans les programmes existants, mais il serait possible dans bien des cas de renforcer les programmes d'éducation et de recherche. En raison de la simplicité de la plupart des techniques de CE, il est essentiel d'axer le renforcement des capacités sur la formation pratique.

Le Maroc

Climat et caractéristiques physiques du paysage

Le Maroc est un pays dont le climat aride à semi-aride alterne deux saisons principales: un hiver froid et humide suivi d'un été chaud et sec. Le climat se caractérise par des précipitations irrégulières et incertaines, de fréquentes sécheresses saisonnières et pluriannuelles et des inondations dévastatrices. Les précipitations annuelles moyennes sont de 346 mm et se produisent essentiellement entre l'automne et le printemps. Cette valeur moyenne dissimule toutefois une énorme différence géographique: le nord-ouest reçoit en moyenne 700 mm de précipitations par an, ce qui rend l'agriculture pluviale possible; le sud-est par contre ne reçoit que 25 mm par an, ce qui fait que l'irrigation est indispensable à la production agricole (AQUASTAT, 2015).

Le Maroc est un pays bénéficiant d'une grande variété de paysages, des riches plaines côtières aux vastes plateaux et vallées en passant par la côte nord et l'intérieur dominés par des zones montagneuses (AQUASTAT, 2015). L'érosion du sol et la dégradation des terres sont problématiques et touchent 50 pour cent des zones des bassins versants en amont des barrages (20 millions d'hectares). Les principaux facteurs expliquant cette situation sont la présence de pentes abruptes et instables, la végétation pauvre et clairsemée, le régime des pluies incertain et les sécheresses fréquentes. Les facteurs anthropogéniques comme le surpâturage et la pression accrue sur les terres cultivées, le déboisement et les pratiques agronomiques inadéquates contribuent aussi à augmenter l'érosion des sols et la dégradation des terres. Dans la zone atlantique, les sols sont généralement plus stables et fertiles que dans le reste du pays, et elle ne subit pas de ruissellements destructeurs parce que les pentes y restent douces.

Il est possible, en se fondant sur le climat et les caractéristiques physiques des paysages, et à partir des températures, des précipitations et de la topographie, de diviser le Maroc en six ZAE:

- **Le désert** (précipitations < 100 mm): Sahara and pré-Sahara, Anti-Atlas oriental, pente sud du Haut Atlas
- **La steppe aride atlantique et orientale** (précipitations 100-300 mm)
- **Les montagnes arides** (précipitations 100-300 mm): Haut Atlas méridional et oriental, Anti-Atlas occidental
- **Les plaines et plateaux atlantiques et méditerranéens** (précipitations 300-600 mm)
- **Les montagnes semi-arides** (précipitations 300-600 mm): Haut Atlas central et occidental, pré-Rif et Rif oriental
- **Les montagnes humides et subhumides** (précipitations > 600 mm): pré-Rif, Rif occidental, Moyen Atlas

Le secteur agricole

L'agriculture contribue pour une large part au PIB du Maroc, de 15 à 20 pour cent selon la saison. C'est le premier pourvoyeur d'emplois puisqu'il fournit du travail à 38 pour cent de la population au niveau national et à 75 pour cent dans les zones rurales (Balaghi, 2014). De nombreux petits agriculteurs et fermiers traditionnels dépendent de la production agricole pluviale, qui est un important moyen de subsistance. A l'heure actuelle, seulement 16 pour cent des terres cultivées sont irriguées (Balaghi, 2014) et le reste est exploité en agriculture pluviale. L'irrégularité des pluies et la fréquence des sécheresses sont les principaux facteurs expliquant la faible productivité des zones d'agriculture pluviale.

La plus grande partie du pays ne peut sans irrigation mettre les terres en culture et améliorer les niveaux de production. L'augmentation de la demande en eau due à la croissance démographique et économique, parallèlement à la diminution de la capacité de stockage provoquée par l'envasement des barrages et l'incertitude croissante du régime des pluies, a rendu la pénurie d'eau plus aigue. Cela représente un défi pour l'agriculture et le développement humain local, en particulier dans les zones marginales dans lesquelles l'accès à l'irrigation est difficile.

Le cadre institutionnel

Depuis l'indépendance du Maroc, le gouvernement a canalisé de nombreux investissements vers le secteur de l'irrigation et favorisé les grands, moyens et petits systèmes d'irrigation, ce qui a mis ce secteur à la pointe de l'amélioration du développement agricole et économique (Doukkali, 2005). Cette approche est conforme à l'objectif de la politique du «million d'hectares» puisque plus d'un million et demi d'hectares sont irrigués (Hammani, 2014). Au cours des dernières décennies, le Maroc a réitéré sa priorité de mettre en place une gestion autochtone et durable des terres et de la CE en adoptant une approche intégrée du développement et de la gestion des ressources en eau. La raison de cette évolution réside dans plusieurs facteurs tels que l'érosion des sols et la dégradation des terres, associés aux limites physiques de l'augmentation des eaux douces utilisables par le biais de grands projets de mise en valeur des eaux, à la pénurie d'eau, à l'envasement des barrages, et à une prise de conscience accrue des perspectives offertes par le développement de l'agriculture pluviale.

Les principaux acteurs gouvernementaux qui financent et mettent en œuvre la CE au Maroc sont le Ministère de l'agriculture et de la pêche maritime (MAPM) et plus particulièrement la Direction de l'irrigation et de l'aménagement de l'espace agricole (DIAEA). Dans le cadre de son approche stratégique et de planification, le Plan Maroc Vert (2008-2020), le Ministère a vigoureusement encouragé l'application de la GDT, en particulier pour la petite irrigation dans les zones arides et semi-arides. Ce travail vise quatre objectifs:

- Améliorer la disponibilité des ressources en eau pour augmenter la production de biomasse dans les zones d'agriculture pluviale;
- Réduire le manque d'eau qui touche le bétail;
- Lutter contre la désertification par la création de plantations d'arbres et arbustes; et
- Améliorer les moyens de subsistance ruraux en introduisant des systèmes adaptés de production agricole.

Parallèlement au MAPM, le Ministère délégué chargé de l'eau (MDCE), le Haut Commissariat aux eaux et forêts et à la lutte contre la désertification (HCEFLCD), l'INRA, l'ENAM, l'IAV, l'Office national du conseil agricole (ONCA) et les organisations internationales de développement ont un rôle important à jouer pour promouvoir l'adoption de la collecte de l'eau au Maroc.

Services de renforcement des capacités et de vulgarisation

Au Maroc, le système de vulgarisation agricole est une structure à plusieurs niveaux présente au niveau national, régional, provincial, et local (MAPM, 2011). Parallèlement aux services gouvernementaux, il existe aussi des initiatives indépendantes de vulgarisation soutenues par les ONG, qui travaillent sur des projets développés par des compagnies privées engagées dans le secteur agricole ou mis en œuvre par des organisations internationales (MAPM, 2011; Al Balghiti and Mouaaid, 2010). Il y a également un vaste éventail d'instituts de recherche agricole comme l'ENAM, l'INRA et l'IAV qui entreprennent des recherches pertinentes et forment les futurs ingénieurs agronomes.

Plusieurs obstacles entravent l'efficacité et nuisent à la pérennité des services de vulgarisation agricole. Au Maroc, les principaux problèmes concernant les services de vulgarisation touchent à l'insuffisance des ressources, en connaissances comme en financements, qui seraient nécessaires pour fournir la variété de services requise (commercialisation, économie, gestion des ressources naturelles et gestion des projets). Par suite, les services de vulgarisation se limitent essentiellement aux zones irriguées, alors que les agents de vulgarisation agricole travaillent surtout dans les zones périphériques d'agriculture pluviale. Pour remédier à ces difficultés, l'ONCA essaie de restructurer et de renforcer les centres locaux de vulgarisation et les chambres régionales d'agriculture (MAPM 2011; Al Balghiti and Mouaaid, 2010).

Potentiel de la collecte de l'eau et mesures nécessaires

Le Maroc a une longue tradition de CE et de GDT. Les communautés locales ont développé et adapté leurs stratégies et compétences agricoles aux conditions climatiques changeantes en intégrant un vaste éventail de structures physiques dans leurs paysages. De nombreuses techniques traditionnelles de CE ont toutefois été abandonnées en raison de la dégradation des ressources en terres et en eaux et de divers facteurs agraires et socio-économiques tels que l'émigration et l'intensification et la modernisation de l'agriculture. De ce fait, de graves problèmes de ravinement et de glissements de terrain se sont produits.

Au cours des dernières décennies, une attention particulière a été accordée aux infrastructures à grande échelle, mais cela a évolué vers des projets décentralisés à petite ou moyenne échelle et des techniques localement adaptables et gérables, dont la CE. Au Maroc, celle-ci est intégrée dans une stratégie combinant le contrôle de l'érosion, l'amélioration de l'humidité des sols, le stockage des eaux dans des réservoirs et le drainage des eaux excédentaires, ainsi que des mesures biologiques telles que l'agroforesterie, les cultures de couverture et le reboisement. Toutefois, la pertinence et l'adoption des diverses techniques de CE varient considérablement selon les régions et communautés. Certains projets antérieurs ont échoué en partie parce qu'une attention insuffisante a été accordée aux connaissances et techniques endogènes qui avaient été développées en synergie avec le climat, le relief, les ressources en eau, les coutumes locales, les systèmes locaux de production et l'organisation sociale (Roose et al., 2010).

Il faudra pour les interventions futures mieux comprendre le contexte socio-économique et agraire local, ainsi que la diversité régionale des pratiques existantes de CE et de GDT. Cela permettra l'identification d'une série de techniques améliorées de CE bien adaptées aux conditions agro-écologiques et socio-économiques locales. Des échanges seront aussi nécessaires entre les instituts de recherche et les services ministériels pour trouver le moyen d'améliorer le lien entre CE, GDT et réalimentation des nappes souterraines au moyen de

petites structures rentables et de mesures agronomiques. La réalimentation des nappes est encore limitée au Maroc, malgré d'importantes perspectives (en particulier dans les zones où les eaux souterraines subissent des intrusions d'eaux salées). Au niveau local, il sera également nécessaire de mettre en place des projets pilotes et des parcelles de démonstration où les agriculteurs pourront observer et expérimenter les bienfaits réels des techniques pour stimuler leur intérêt et favoriser leur acceptation des nouveaux procédés.

Effets et expansion à plus grand échelle de la collecte de l'eau

Photo© M. Gurtner, GIZ

L'importance des microclimats dans la productivité agricole

Les microclimats sont des zones localisées distinctes, comme un champ ou un petit bassin versant, où le climat diffère du climat alentour (le macroclimat). Les microclimats sont définis par une multitude d'éléments tels que la direction du vent, la température et l'humidité de l'air, la température et l'humidité du sol, qui subissent les effets du jour et de la nuit, ainsi que ceux des variations saisonnières. Ils sont liés à un paysage particulier et influencés par la végétation, la topographie, l'occupation des terres, les caractéristiques des sols, les régimes hydrologiques et la gestion des eaux (van Steenberghe and Mehari Haile, 2015).

Les microclimats déterminent d'importants processus influençant la production agricole, tels que l'évaporation, la transpiration, la rétention d'humidité dans le sol, la température, le dynamisme des nutriments du sol et la manifestation des ravageurs et maladies. Vu l'importance de leurs effets sur ces processus, les microclimats peuvent considérablement augmenter la capacité d'un écosystème à assurer la production agricole et amortir les effets du changement climatique. Leur gestion est toutefois souvent ignorée et mal comprise.

Influencer les microclimats par la collecte de l'eau

Le sol et l'eau sont des éléments déterminants et interdépendants des microclimats, et la CE peut avoir des effets directs sur chacun d'entre eux, comme le montre la figure 1. Le principal effet de la plupart des techniques de CE est d'augmenter les niveaux de rétention d'eau et par conséquent l'humidité du sol au niveau du paysage. Lorsque le taux d'humidité augmente dans un paysage, les températures les plus élevées et les plus basses ont tendance à s'aplanir – à la fois dans l'air et dans le sol à diverses profondeurs. L'augmentation de l'humidité du sol améliore aussi la capacité des bactéries à stimuler la fixation de l'azote, qui accroît la fertilité globale du paysage. La CE peut aussi contribuer à contrôler le ruissellement des eaux et à éviter l'érosion excessive des sols en empêchant les sédiments riches en nutriments d'être évacués du système agricole.

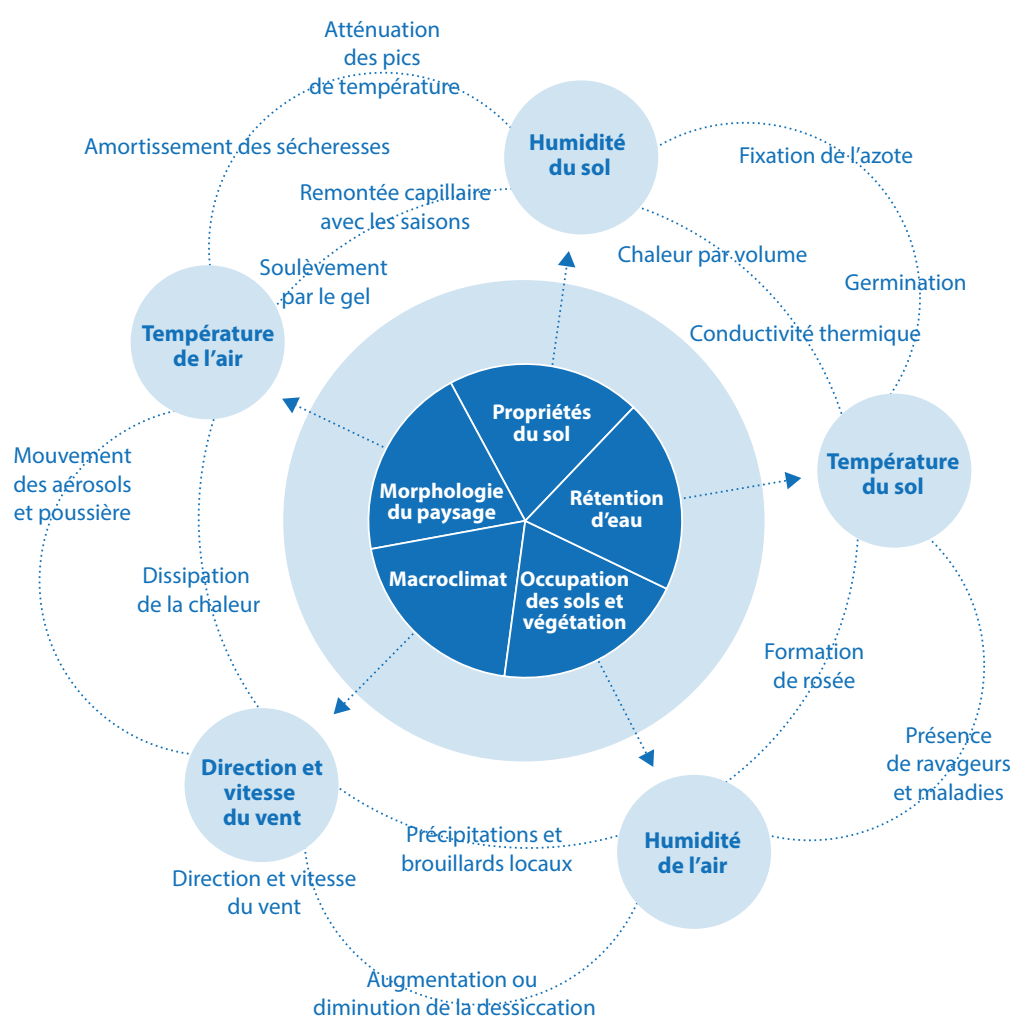
L'amélioration de la capacité de CE pour l'agriculture exige ainsi que les agriculteurs sachent sélectionner des techniques de CE réalisables, adaptées et qui fonctionnent bien dans les différentes zones, qui améliorent ces processus et aient un impact positif sur le microclimat.

Savoir quelles techniques de CE promouvoir et où

L'amélioration de la capacité de la CE pour l'agriculture exige la planification et la gestion du paysage afin qu'elle puisse répondre aux objectifs multiples et aux besoins des parties prenantes, dont la production agricole, l'amélioration des moyens de subsistance et la conservation des écosystèmes. Il est par conséquent crucial de savoir ce qu'il faut faire et

où, comment gérer les processus/techniques de stockage de l'eau, comment l'eau s'écoule, où elle s'infiltre, où elle peut être stockée et retenue, quel type de couverture du sol et de gestion des terres améliore ces processus, et comment cela influence le microclimat (Knoop et al., 2012). La transformation des paysages dépend beaucoup de la capacité potentielle de réalimentation et de stockage de l'eau.

Figure 1: Infographie sur l'effet des techniques de CE sur le microclimat



(Source: MetaMeta, 2015)

Il importe de comprendre qu'il n'existe pas de modèle type pour la mise en œuvre de la CE à grande échelle, parce qu'elle nécessite une planification, une innovation et un esprit d'initiative locaux. L'encadré 1 décrit les principes les plus importants, soit ceux qu'il est indispensable de connaître, pour la réussite de la collecte de l'eau. Dans l'esprit de ces principes, l'objectif de cette évaluation est de réévaluer les techniques de CE qui ont déjà été mises en œuvre dans les trois pays étudiés et d'observer dans quelle mesure elles ont eu des effets dans les zones où elles ont été utilisées. Cela permettra l'identification des techniques les plus performantes qu'il faudra de nouveau soumettre à des essais, ce qui mettra en évidence les modifications nécessaires pour améliorer leurs effets et rendre plus efficace leur expansion à plus grande échelle.

Encadré 1: Huit principes pour la réussite de la collecte de l'eau

- 1) Commencer par observer longuement, attentivement et minutieusement le paysage.
 - Où l'eau s'écoule-t-elle et comment?
 - Qu'est-ce qui fonctionne et ne fonctionne pas?
 - Travailler à partir de ce qui fonctionne.
- 2) Commencer en haut du bassin versant/hydrographique et travailler en descendant.
 - L'eau se déplace en descendant.
 - Recueillir l'eau en haut pour permettre une infiltration directe.
 - Commencer en haut où le volume et la vitesse de l'eau ne sont pas au maximum, ce qui la rend plus facile à gérer.
- 3) Commencer simplement et à petite échelle
 - Travailler à une échelle humaine pour que l'exploitation et l'entretien soient gérables.
 - De nombreuses petites stratégies sont plus efficaces que d'autres plus importantes, surtout quand l'amélioration de l'infiltration dans le sol est l'objectif poursuivi.
- 4) Disséminer l'écoulement de l'eau pour favoriser son infiltration.
 - Encourager la rétention et le stockage de l'eau pour améliorer l'infiltration dans le sol en ralentissant la force de l'écoulement et en le disséminant.
- 5) Prévoir constamment un trajet pour les débordements pour pouvoir gérer ceux-ci comme une ressource.
 - Un trajet pour les débordements est nécessaire, en particulier lorsque les pluies sont très fortes et qu'il est possible d'utiliser les débordements comme une ressource.
- 6) Créer une éponge vivante.
 - Favoriser l'accroissement de la flore et de la faune pour créer une éponge vivante afin que l'eau recueillie soit appliquée pour faire pousser d'autres ressources, tandis que le sol infiltre et retient continuellement l'eau et s'améliore progressivement.
- 7) Ne pas effectuer d'interventions fragmentaires, plus il y en a mieux c'est.
 - Mélanger différentes techniques et fonctions pour maximiser les bénéfices.
- 8) Réévaluer constamment les systèmes mis en œuvre (boucle de rétroaction).
 - Observer comment les techniques mises en œuvre influencent la zone – reprendre au premier principe.
 - Ajuster la technique aux événements inattendus en appliquant les principes ci-dessus.

Source: Lancaster, 2008



Méthodologie: l'analyse multicritères (AMC)

Photo: ©FAO/Giulio Napolitano

Méthodologie de l'AMC

Il existe plusieurs méthodes pour effectuer une analyse multicritères (AMC). La méthode MULTIPOL a été choisie pour les besoins de cette étude parce qu'elle est souple et permet d'intégrer incertitudes et opinions contradictoires. Elle consiste à évaluer des actions spécifiques (dans ce cas des techniques de CE) par l'intermédiaire d'une moyenne pondérée. La méthode suit toutes les étapes d'une AMC type, comme le montre la section ci-dessous.

L'analyse a été effectuée d'abord à partir d'une étude exhaustive de la documentation disponible et ensuite à partir d'entretiens réalisés avec des experts nationaux issus des services techniques des ministères, des instituts de recherche agronomique et des ONG travaillant sur la collecte de l'eau. La sélection finale des critères et indicateurs a ainsi été réalisée avec la participation directe des parties prenantes. Les résultats préliminaires ont été validés par divers acteurs institutionnels au cours des ateliers finaux et des amendements et observations ont été intégrés aux résultats définitifs.

Encadré 2: Comprendre les critères et indicateurs

Critère: norme ou principe selon lequel est évalué un objet/article/mécanisme.

Indicateur: toute variable ou composante d'un projet, programme et structure ou système de gestion utilisé pour déduire l'état d'un critère particulier. Les indicateurs doivent transférer ou transmettre une information ou un message unique et important qui représente un ou plusieurs éléments de données avec des liens spécifiquement formés.

Source: Mendoza *et al.* 1999

La méthode MULTIPOL employée dans cette évaluation comporte plusieurs étapes:

1. Sélection des techniques de CE à évaluer avec l'AMC

L'AMC s'est intéressée aux techniques de CE qui sont déjà connues et mises en œuvre dans les trois pays et pour lesquelles il existe des données de performance.

2. Définition des critères d'évaluation

Les critères d'évaluation ont été pré-sélectionnés et pondérés en fonction du niveau d'importance obtenu dans la détermination de la pertinence des techniques de CE, en se fondant sur l'étude de la documentation et sur la consultation des parties prenantes. Les quatre critères et leurs poids associés sont présentés au tableau 1. Un poids plus important

est accordé à la productivité agricole dans le calcul de la performance globale de chaque technique.

Tableau 1: Critères utilisés pour évaluer les techniques de CE dans l'AMC et poids associés

Critères	Pondération
Pertinence géographique	10
Pertinence technique et environnementale	30
Pertinence socio-économique	20
Impact sur la productivité agricole et la rentabilité agricole	40

3. Sélection des indicateurs et sous-indicateurs d'évaluation pour chaque critère

Une gamme d'indicateurs a été sélectionnée pour évaluer dans quelle mesure les techniques de CE répondaient aux critères. Tous les indicateurs ont le même poids dans leur contribution au critère pertinent. La liste définitive des indicateurs, tels qu'ils sont présentés dans le tableau 2, découle de l'étude de la documentation et des entretiens avec les parties prenantes.

Tableau 2: Critères et indicateurs associés utilisés dans l'AMC

Critères	Indicateurs	Description
A. Pertinence géographique	1 Zones agro-écologiques	Techniques de CE éventuellement applicables dans un plus large éventail de ZAE, dans un pays donné, ont reçu un score plus élevé.
	2 Type de stockage	Mesure du potentiel de chaque technique de CE pour augmenter le stockage de l'eau à l'échelle du paysage, c.-à-d. sa contribution au cycle hydrologique.
	3 Capacité de stockage	Mesure du volume d'eau qui peut être stocké par une technique particulière de CE. Cet indicateur ne s'applique qu'au stockage de l'eau dans des réservoirs ouverts ou fermés.
B. Pertinence technique et environnementale	3 Qualité du sol	Mesure des impacts positifs de chaque technique sur les propriétés du sol (physiques, chimiques, biologiques) et contre l'érosion du sol.
	1 Utilisations multiples de l'eau	Mesure de l'utilisation de l'eau stockée par une certaine technique de CE. Les techniques participant à davantage d'utilisations reçoivent un score plus élevé.
	2 Costs	Considère les coûts d'investissement, de fonctionnement et d'entretien (souvent exprimés en besoins en main d'œuvre) de chaque technique et accorde une valeur inférieure aux techniques plus coûteuses.
C. Pertinence socio-économique	3 Capacité de gestion et d'entretien	Fournit des informations sur la disponibilité de l'expertise locale et sur sa capacité à entretenir et gérer les techniques.
	4 Genre	Évaluation qualitative des incidences des différentes techniques pour les hommes et les femmes. Par exemple, les techniques qui accroissent la charge de travail des femmes ou favorisent les hommes plus que les femmes reçoivent un score moins élevé.

D. Impact sur la productivité agricole et la rentabilité agricole	1	Productivité	Détermine l'augmentation quantitative des rendements d'une culture en comparaison avec la culture témoin (la même sans l'adoption de la technique de CE).
	2	Diversification	Détermine dans quelle mesure la production agricole peut être diversifiée (en introduisant aussi des cultures à plus forte valeur ajoutée) grâce à l'adoption de la technique.
	3	Rentabilité	Renseigne sur le rapport entre les revenus obtenus ou anticipés par l'agriculteur (à long terme) et les ressources mises en œuvre pour obtenir ces revenus (coût-bénéfices).

4. Evaluation

Un ensemble de 42 techniques de CE figurant parmi les meilleures pratiques et déjà mises en œuvre dans les trois pays ont été sélectionnées pour l'évaluation (11 appliquées aux eaux de surface, 6 aux eaux souterraines et 25 à l'humidité du sol). Le tableau 3 résume les techniques mises en œuvre dans chacun des trois pays.

Pour chacune des techniques de CE, un score a été attribué à chaque indicateur en fonction des données quantitatives et qualitatives disponibles recueillies dans la documentation et par la consultation des parties prenantes. Ces scores ont été déterminés par le niveau de satisfaction offert par la technique de CE pour chaque indicateur. Ils varient entre 0 et 5 pour chaque indicateur, 0 représentant un résultat insatisfaisant et 5 une pleine satisfaction. Les scores finaux attribués aux critères pour chaque technique représentent la moyenne des scores accordés à chacun des indicateurs de ces différents critères.

5. Intégration des scores

Pour chaque technique, la moyenne pondérée des différents scores obtenus pour chaque critère a été calculée, ainsi que les écarts types. Les risques liés aux incertitudes ou opinions contradictoires ont été internalisés par la prise en compte des scores moyens des différents critères et par l'écart type des scores. Il a ainsi été possible de tester la validité des résultats pour chaque technique de CE évaluée: une technique obtenant un score élevé mais présentant un écart type important est considérée comme risquée.

6. Classement des technologies de CE




Cette dernière étape a permis le classement des techniques de CE évaluées à partir des scores finaux.

Limites de l'évaluation

La principale limite de cette évaluation est l'inégalité du nombre de données disponibles pour les différentes techniques de CE évaluées. En effet si de nombreuses informations étaient disponibles pour certaines techniques de collecte de l'eau, comme les barrages et bassins de collecte dans les vallées, il a été plus difficile d'évaluer par exemple l'impact de la réalimentation par tubes et de la CE des affleurements rocheux et des cordons pierreux sur la productivité et la rentabilité.

Tableau 3: Aperçu des techniques examinées dans les trois pays de cette évaluation

Technique de CE	O	B	M	Technique de CE	O	B	M
CE des routes	o	o	o	Paillage	o	o	
Petits bassins de CE	o	o		Terrasses-banquettes	o		o
CE des affleurements rocheux	o			Banquettes trapézoïdales	o		
Barrages perméables rocheuses	o			CE pour plantations de bananiers	o		
CE des toitures	o			Cordons pierreux	o		
Barrages dans les vallées	o			Irrigation de crue	o		
Bassins de collecte dans les vallées	o			Fanya juu,/ Fanya chini	o		
Citernes couvertes/ Matfias			o	Banquettes agricoles		o	
Lacs collinaires			o	Digues filtrantes		o	
Etangs de CE (ferme, iferd)			o	Fumier et compost		o	
Les Mares surcreusées/ Boulis		o		Système Vallerani (Delfino)		o	
Bouchage des ravines	o			Fosses «zaï»		o	
Bouchage des ravines	o	o		Billons cloisonnés		o	
Réalimentation par tubes	o	o		Agroforesterie		o	
Barrages de sable	o	o		Barrages d'épandage des eaux		o	
Bassins de percolation et tranchées en courbes de niveau		o		Barrages de retenue			o
Khettar			o	Agriculture de conservation			o
Diguettes en courbes de niveau	o			Jessours			o
Demi-lunes	o	o		Micro-basins			o
Bandes enherbées	o	o		R'Foussi			o
Rangs de débris végétaux améliorés	o			Bassin pour le contrôle des eaux et sédiments			o

 Eaux de surface
  Eaux souterraines
  Humidité du sol

Résultats de l'analyse multicritères

Photo: ©FAO/Tamiru Legesse

L'Ouganda

L'AMC de l'Ouganda a évalué les 21 techniques de CE les plus courantes et efficaces dans le pays, présentées dans le tableau 3. La performance de ces techniques varie de 31 à 78 pour cent, toutes obtenant plus de 50 pour cent à l'exception de trois et huit dépassant 70 pour cent. L'écart type des scores des critères varie considérablement selon les techniques. Les cinq techniques de CE les plus performantes (CE des routes, petits bassins de CE, bassins de collecte dans les vallées, diguettes en courbes de niveau et CE pour plantations de bananiers) et leurs scores sont indiqués dans le tableau 4.

Tableau 4: Résultats de l'AMC pour les cinq techniques de CE les plus performantes en Ouganda

Technique de CE	Critères				Score de performance pondéré
	A	B	C	D	
CE des routes	4.50	3.22	3.85	3.33	78%
Petits bassins de CE	4.50	2.78	3.40	3.67	75%
Bassins de collecte dans les vallées	3.00	3.22	3.35	3.67	75%
Diguettes en courbes de niveau	3.50	3.50	2.85	3.67	74%
CE pour plantations de bananiers	3.50	2.50	3.20	4.00	73%

Les dispositifs de stockage/dérivation tels que les petits bassins de CE, les bassins de collecte dans les vallées et la CE des routes se sont démarqués comme les technologies les plus efficaces de l'AMC, obtenant régulièrement des scores élevés pour les quatre critères. Ces dispositifs sont très prometteurs pour la fourniture d'eaux supplémentaires au bénéfice de la production agricole ougandaise pendant la saison sèche, et durant les vagues de sécheresse qui se produisent couramment pendant la saison des pluies. Il est néanmoins recommandé, conformément à l'approche 3R mentionnée précédemment, de combiner dans un système ces techniques de stockage/dérivation à des techniques favorisant la rétention d'humidité dans le sol, la fertilité du sol et la bonne santé des plantes. Par conséquent, des dispositifs comme les diguettes en courbes de niveau et la CE pour plantations de bananiers, qui ont aussi eu de bons résultats dans l'AMC, peuvent enrichir le système de production et contribuer à augmenter la production pluviale. L'utilisation du paillage, classé huitième dans l'AMC, dans un système de CE à l'échelle du paysage pourrait aussi être bénéfique et permettre d'augmenter encore davantage le stockage d'humidité dans le sol.

Une description de chaque technologie et une explication du score attribué sont proposées dans les pages suivantes.

Collecte de l'eau des routes

Les fortes pluies révèlent la seconde nature de nombreuses routes: elles interceptent le ruissellement de surface et engendrent des cours d'eau sur leurs surfaces relativement compactes. L'emplacement de la route par rapport aux courbes de niveau, la hauteur du remblai, la pente longitudinale et latérale de la route, le matériau de revêtement et le drainage sous remblai sont des facteurs importants pour déterminer l'ampleur du ruissellement engendré par une route et par conséquent la manière dont l'eau peut être retenue (van Steenberghe and Tuinhof, 2010). Les eaux de pluie peuvent être récupérées à partir de la surface de la route (selon le type de revêtement, ex. : asphalte, gravier, etc.), tandis que le drainage de la route peut servir à acheminer l'eau jusqu'au point de stockage ou de recharge (voir figure 2).

Figure 2: Exemple de bassin à banquettes alimenté par un ponceau



(Source: F. Sambalino, MetaMeta, 2015)

Pertinence géographique: Cette technique convient très bien aux zones arides et semi-arides dans lesquelles la productivité de l'eau doit être optimisée, mais aussi dans d'autres zones si elle est associée à des réservoirs (pour stocker de l'eau pour la petite irrigation) ou si l'eau est infiltrée dans le sol pour en améliorer l'humidité et réalimenter les eaux souterraines. Les nombreuses possibilités dues à l'étalement du réseau routier dans tout le pays rendent la collecte de l'eau des routes intéressante dans toutes les ZAE.

Facteurs techniques et environnementaux: L'eau provenant des routes peut être soit employée pour améliorer l'humidité du sol, soit stockée dans des réservoirs pour être utilisée à diverses fins. Lorsque cette eau est stockée dans des réservoirs perméables, elle peut s'infiltrer lentement dans les couches plus profondes du sol et réalimenter ainsi les nappes phréatiques souterraines (peu profondes). En raison des gros volumes d'eau qui peuvent être récupérés par kilomètre de route, il y a de grandes chances que ces eaux puissent être collectées et stockées dans un réservoir. La collecte de l'eau des routes contribue aussi à diminuer l'érosion du sol qui se produit couramment le long des drains et sous les ponceaux des routes.

Facteurs socio-économiques: Les eaux de ruissellement des routes peuvent être directement épandues sur les terres agricoles, et augmenter ainsi la quantité d'eau disponible pour la production agricole. La CE des routes est adaptable et peut être utilisée en association avec d'autres techniques correspondant aux capacités des agriculteurs. Si l'eau provenant des routes est stockée dans des réservoirs, elle peut aussi être employée pour la (petite) irrigation, l'abreuvement des animaux et les besoins domestiques, à condition d'être correctement traitée.

Productivité et rentabilité: La collecte de l'eau des routes peut considérablement améliorer la productivité agricole des terres, le niveau d'influence de cette technique dépendant de l'utilisation de l'eau récupérée, soit directement ou en passant par un dispositif de stockage. Lorsque l'eau est recueillie et utilisée directement pour contribuer à une agriculture utilisant les eaux de ruissellement, elle améliore la productivité et la rentabilité des cultures en augmentant la disponibilité en eau du sol sur la durée. Si l'eau canalisée à partir des routes est stockée dans des réservoirs ou bassins, elle peut être utilisée fructueusement pour l'irrigation d'appoint, augmentant ainsi la productivité et diminuant les risques de mauvaises récoltes liés aux vagues de sécheresse; cela donne aussi un autre avantage aux agriculteurs qui peuvent demander des prix plus élevés pendant les périodes de sécheresse.

Petits bassins de collecte de l'eau

La forme, les matériaux et les dimensions des bassins de collecte de l'eau peuvent varier dans leur conception (circulaires, carrés et rectangulaires (Knoop et al., 2012). L'eau est canalisée jusqu'aux bassins à partir des champs environnants, des cours d'eau éphémères, des surfaces pavées (chemins, routes), des canaux (fossés de dérivation) ou des surfaces naturellement inclinées, comme le montre la figure 3. Ils sont généralement construits près des fermes pour que les utilisateurs puissent y accéder facilement. Les sols à forte teneur en argile sont préférables pour la construction de petits bassins de collecte de l'eau en raison de leur faible perméabilité. D'autres solutions consistent à renforcer le fond du bassin avec du mortier de ciment et du treillis métallique, à le tapisser de roches, ou à le revêtir d'argile ou de feuilles de plastique selon les besoins (Desta et al., 2005).

Figure 3: Eaux de ruissellement s'écoulant dans un petit bassin de collecte de l'eau



(Source: Government of Ethiopia, 2015)

Pertinence géographique: Les petits bassins de collecte de l'eau sont très adaptables sur le plan de leur application géographique. Leur forme, positionnement, revêtement imperméable et source d'alimentation en eau peuvent être adaptés aux conditions et besoins locaux. Cette caractéristique fait qu'ils peuvent être utilisés avec succès dans toutes les ZAE.

Facteurs techniques et environnementaux: Si le bassin n'a pas de revêtement, l'eau peut s'infiltrer dans le sol où il réalimente les eaux souterraines (peu profondes) et, dans une faible mesure, rétablit l'humidité du sol dans les alentours immédiats. Son impact sur la qualité et l'érosion du sol se limite au contrôle des eaux de ruissellement et donc à l'amortissement des effets des très fortes pluies dans les zones situées en aval.

Facteurs socio-économiques: L'eau stockée dans les bassins peut servir pour l'irrigation, l'abreuvement des animaux et les besoins domestiques (avec un traitement). Ces bassins ont déjà été utilisés en Ouganda et les agriculteurs possèdent donc de grandes connaissances concernant leur mise en œuvre et leur entretien. L'eau de ces bassins peut aussi être utilisée pour irriguer des cultures à forte valeur ajoutée comme des légumes pendant la saison sèche, soit pour la consommation domestique, soit pour la vente. Cela peut augmenter la sécurité alimentaire et les revenus d'un ménage et améliorer ainsi son bien-être.

Productivité et rentabilité: Lorsqu'ils sont utilisés pour la petite irrigation, les bassins de CE peuvent augmenter les revenus des ménages et la productivité des cultures, et contribuer à diversifier la production agricole. Ce sont souvent des légumes qui sont cultivés dans les petits périmètres d'irrigation liés à ces bassins.

Bassins de collecte dans les vallées

Les bassins de collecte dans les vallées sont des réservoirs d'eau ouverts en surface dont le volume peut varier entre 10 000 et 25 000 m³. Ils sont généralement construits pour réduire les déficits hydriques que rencontrent les communautés pastorales dans des zones comme la région du Karamoja dans le nord-est de l'Ouganda et dans le corridor du bétail (voir figure 4). Ils sont souvent placés sur des vallées en pente douce parce que ces zones produisent suffisamment d'eaux de ruissellement pour être canalisées et collectées dans les réservoirs creusés.

Pertinence géographique: Les bassins de collecte dans les vallées sont construits dans des districts où les précipitations varient entre 250 et 750 mm par an. Cette technique est couramment adoptée dans les zones pastorales du corridor du bétail, qui sont situées dans la ZAE pastorale semi-aride, dans les ZAE à herbages courts du nord et de l'est, et dans une certaine mesure dans la ZAE de savane à hautes herbes du sud et de l'ouest. Ces bassins sont particulièrement adaptés aux bassins hydrographiques stables dans lesquels l'eau s'évacue en traversant un paysage doucement vallonné. Pour minimiser les pertes par infiltration, il faut placer ces bassins dans des sols imperméables profonds à forte teneur en argile et pour diminuer l'ampleur des travaux d'excavation, il vaut mieux choisir des dépressions préexistantes pour leur mise en place.

Facteurs techniques et environnementaux: Les bassins de collecte dans les vallées sont des réservoirs dont la capacité de stockage est moyenne. Selon les caractéristiques du sol et de l'aquifère, ils peuvent avoir des effets importants sur la recharge des eaux souterraines, ce qui peut alors stimuler l'utilisation des eaux souterraines peu profondes. La teneur en humidité du sol augmentera aussi vraisemblablement aux alentours immédiats des bassins. Leur impact sur l'érosion et la fertilité du sol est limité et en fait, lorsque l'érosion se produit dans les bassins hydrographiques où ils sont installés, elle peut gravement entraver la capacité de stockage et altérer la qualité de l'eau de la structure.

Figure 4: Bassin creusé de collecte dans une vallée

(Source: J. Kisekka, 2015)

Facteurs socio-économiques: Les bassins de collecte dans les vallées servent essentiellement à abreuver les animaux dans les zones pastorales, mais il serait facile de les utiliser aussi pour la petite irrigation et les usages domestiques, en traitant convenablement l'eau. L'écosystème tire profit de ces bassins qui servent de régulateurs des pics de crue, fournissent de l'eau pour la faune sauvage et la végétation et stimulent la réalimentation des eaux souterraines. Ils sont toutefois relativement coûteux et une gestion complexe doit être mise en place pour assurer l'évacuation saisonnière des sédiments et un entretien adéquat des structures de prélèvement d'eau. La main d'œuvre n'est généralement pas un facteur restrictif pour l'adoption de ces structures, qui sont souvent construites avec des équipements lourds financés par les autorités gouvernementales ou les ONG. Les bassins de collecte dans les vallées peuvent avoir un impact positif sur les vies des femmes parce qu'ils constituent une source d'eau et diminuent le temps passé à en rechercher.

Productivité et rentabilité: Lorsqu'ils sont utilisés pour des activités liées au bétail, les bassins de collecte dans les vallées améliorent la santé et le poids des animaux et par conséquent la rentabilité de l'élevage. Lorsqu'ils sont associés à la petite irrigation, ils augmentent aussi la productivité de la production agricole en permettant l'irrigation d'appoint. Grâce à ces nouvelles sources d'eau disponibles, les agriculteurs peuvent aussi entreprendre la production de cultures de rapport comme les légumes, ce qui est impossible dans un régime pluvial.

Diguettes en courbes de niveau

Les diguettes en courbes de niveau sont de petites structures qui contrôlent l'érosion, améliorent l'infiltration et augmentent le rendement des cultures (Knoop et al., 2012). En général les diguettes sont élevées sur les flancs des collines en suivant les courbes de niveau (voir figure 5). Elles réduisent la vitesse du ruissellement, ce qui permet à l'eau de s'infiltrer et améliore l'humidité du sol. Il existe plusieurs types de diguettes en courbes de niveau: en pierres, en terre, les billons cloisonnés et les diguettes s à revêtement en pierres.

Figure 5: Diguette de terre dans un champ de sorgho rouge

(Source: MetaMeta, 2014)

Pertinence géographique: A cause de la vitesse élevée du ruissellement et donc de la probabilité accrue d'érosion dans les zones à pentes abruptes, l'utilisation de diguettes en courbes de niveau convient bien dans les ZAE de haute altitude et dans la ZAE de savane à hautes herbes du sud et de l'ouest. Elles peuvent toutefois aussi être utilisées sur les pentes plus faibles, comme dans la ZAE pastorale aride à semi-aride et dans la ZAE d'herbages courts du nord et de l'est, bien qu'alors il faille prendre des mesures pour éviter que le bétail endommage les structures. Les diguettes en courbes de niveau sont habituellement installées sur des pentes de moins de 15 pour cent et de plus de 3 pour cent, de préférence sur des sols bien drainés.

Facteurs techniques et environnementaux: En interceptant et en retenant le ruissellement, les diguettes augmentent l'infiltration de l'eau dans le sol, améliorent l'humidité du sol, et, dans une faible mesure, rechargent les nappes souterraines peu profondes. Les diguettes en terre sont très efficaces pour réduire l'érosion dans les fermes et piéger les sédiments en suspension. En effet les sédiments fertiles s'accumulent derrière les diguettes, ce qui après quelques saisons crée des diguettes extrêmement fertiles.

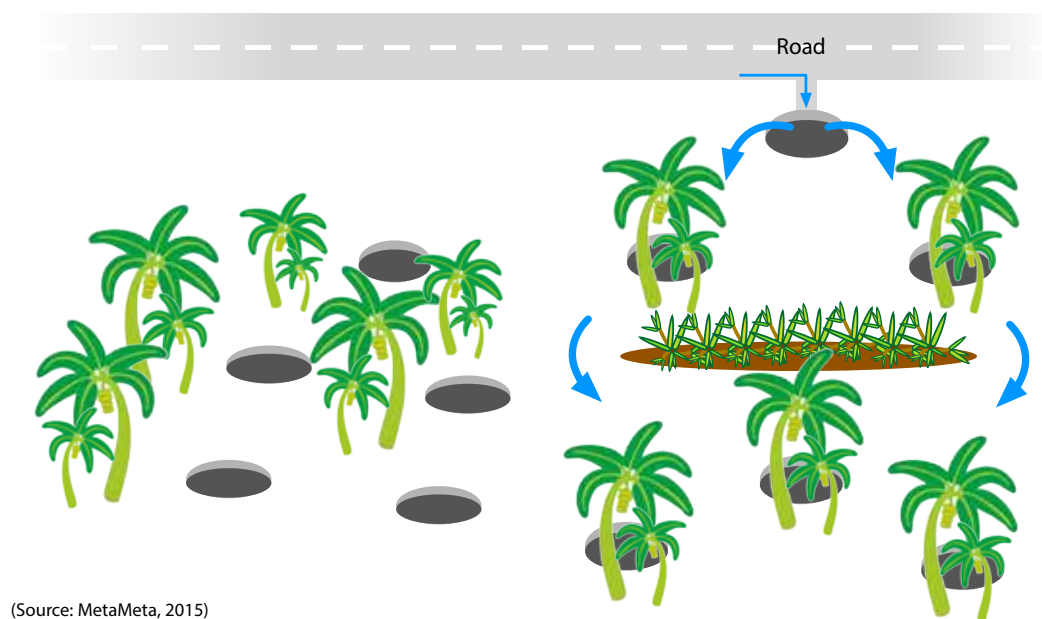
Facteurs socio-économiques: Les diguettes en courbes de niveau sont appréciées pour leur capacité à retenir l'eau dans le profil pédologique, qui augmente les niveaux de la production pluviale. En outre, elles sont très utiles pour la restauration des bassins versants, car elles fournissent d'importants services environnementaux en réduisant les risques d'érosion du sol et en augmentant l'infiltration d'eau. Les agriculteurs peuvent gérer et entretenir eux-mêmes les diguettes en courbes de niveau, mais pourraient tirer profit de formations qui amélioreraient leurs compétences. La construction et l'entretien de ces diguettes exigent beaucoup de travail, et puisque les femmes constituent la main d'œuvre la plus importante en agriculture, cette technologie devrait considérablement augmenter leur charge de travail.

Productivité et rentabilité: La teneur accrue en humidité du sol et l'accumulation de sédiments juste au-dessus des diguettes en terre se traduisent par une élévation de la production par comparaison avec les champs sans diguettes. Les diguettes sont souvent renforcées avec des herbes et arbustes comestibles, comme les pois d'Angole, ce qui permet de diversifier la production agricole.

Collecte de l'eau pour plantations de bananiers

La collecte de l'eau pour plantations de bananiers est une technique de CE in situ qui a été mise en œuvre grâce à l'approche des écoles d'agriculture de terrain (FFS) du district de Mabarara, afin d'améliorer la rétention d'humidité et la fertilité du sol. Deux types de techniques sont utilisés: (1) de simples fosses de plantation pour bananiers; et (2) des fosses de plantation pour bananiers collectant l'eau des routes (voir figure 6).

Figure 6: Fosses de plantation pour bananiers



(Source: MetaMeta, 2015)

Pertinence géographique: Cette technique peut être utilisée dans tous les comtés ougandais de culture bananière disposant d'une source régulière d'eaux de ruissellement. La collecte de l'eau des routes est couramment utilisée à cet effet: l'eau est canalisée à partir de la route, stockée et transférée aux fosses de plantation.

Facteurs techniques et environnementaux: Grâce à l'installation de fosses de trempage interconnectées, cette technologie augmente considérablement la quantité d'eau disponible pour les bananiers. Le profil pédologique autour des fosses de trempage reste humide beaucoup plus longtemps. Les fosses elles-mêmes, lorsqu'elles sont creusées de manière très rapprochée, ont aussi un impact positif sur la recharge des aquifères peu profonds. En outre, ces fosses jouent un rôle important pour l'amélioration de la fertilité du sol. Il arrive couramment que des matières organiques soient ajoutées dans les fosses, ce qui augmente leur capacité de rétention d'eau tout en offrant une source de nutriments pour les plantes poussant à proximité.

Facteurs socio-économiques: La CE pour plantations de bananiers est une forme de CE qui n'est employée que pour la production agricole. Elle a un impact positif sur l'environnement grâce à sa capacité à réduire l'érosion due au ruissellement et à augmenter l'infiltration de l'eau. C'est une forme très économique de collecte de l'eau qui peut facilement être reproduite par les agriculteurs sans intrants extérieurs. Elle peut être exigeante en main d'œuvre durant la phase de mise en place, mais les travaux peuvent être réalisés progressivement sur plusieurs années. Son entretien nécessite peu de travail.

Productivité et rentabilité: La productivité des plantations de bananiers bénéficie considérablement des suppléments d'eau et de nutriments offerts par les fosses de trempage (augmentation de rendement pouvant atteindre jusqu'à 300 pour cent). Certains agriculteurs plantent aussi des haricots, des choux et d'autres cultures à forte valeur ajoutée sur le pourtour des fosses, ce qui diversifie leur production et augmente le rendement de leurs activités agricoles.

Le Burkina Faso

L'AMC du Burkina Faso a évalué les 17 techniques de CE les plus courantes et efficaces dans le pays, présentées dans le tableau 3. Toutes sauf une ont obtenu un score supérieur à 70 pour cent pour leur performance globale, la moitié d'entre elles dépassant même 85 pour cent. L'écart type dans les scores des critères varie considérablement selon les techniques. Les cinq techniques de CE les plus performantes sont le fumier et le compost, les bandes enherbées, le paillage, la collecte de l'eau des routes et les demi-lunes et leurs scores sont indiqués dans le tableau 5.

Table 5: Résultats de l'AMC pour les cinq techniques de CE les plus performantes au Burkina Faso

Technique de CE	Critères				Score de performance pondéré
	A	B	C	D	
Fumier et compost	4.88	3.67	4.05	4.67	93%
Bandes enherbées	4.13	4.17	4.45	4.00	92%
Paillage	4.25	3.17	4.45	4.00	86%
CE des routes	4.63	4.11	3.20	4.00	85%
Demi-lunes	3.25	4.00	3.50	4.00	84%

Au Burkina Faso, ce sont les dispositifs agronomiques (compostage, bandes enherbées et paillage) qui se sont avérées les plus performantes parce qu'elles répondent aux besoins et capacités des agriculteurs et agissent à une échelle qui leur correspond. Les impacts positifs de ces techniques sur la collecte de l'eau découlent de leur action régénératrice sur les sols concernant l'accumulation de matière organique et d'autres éléments bénéfiques dans le sol, l'amélioration de la structure du sol, l'infiltration et la rétention d'eau. Dans les zones très sèches du Burkina Faso, la concurrence entre diverses utilisations (bétail, énergie et construction) pour une biomasse rare peut toutefois constituer un facteur restrictif à la mise en place du compostage, de bandes enherbées et de paillage. En outre, les agriculteurs seraient plus favorables à l'allocation d'une part de leurs terres à des bandes enherbées si celles-ci étaient plantées de cultures fourragères (permanentes) susceptibles de servir pour l'alimentation animale, en plus du rôle qu'elles peuvent jouer pour contrôler l'érosion et améliorer l'infiltration du ruissellement.

Conformément à l'approche 3R, l'utilisation de compost, de bandes enherbées et de paillage (avec pour objectif d'améliorer la rétention d'humidité dans le sol, sa fertilité et la santé des plantes) devrait être associée à d'autres techniques de dérivation et de stockage de l'eau à plus grande échelle. Une configuration possible qui mériterait d'être essayée et appliquée à plus grande échelle au Burkina Faso serait d'inclure dans ces systèmes des eaux canalisées à partir des routes, drains naturels ou autres surfaces imperméables, qui seraient acheminées jusqu'à un réseau de micro-bassins comme des demi-lunes. Cette association de techniques de CE, à laquelle pourrait s'ajouter l'application de compost de haute qualité aux systèmes combinés d'agroforesterie ou de cultures, pourrait augmenter l'infiltration et la rétention d'eau dans le sol et améliorer la microbiologie du sol ainsi que la disponibilité de nutriments favorables à la croissance des plantes.

Une brève description de chaque technologie, avec l'explication de ses scores dans l'AMC, est proposée dans les pages qui suivent.

Fumier et compost

La matière organique est un élément important de l'écologie d'un sol sain puisqu'elle stabilise la température du sol, favorise l'activité des micro-organismes et constitue une source de nutriments libérés progressivement dans le sol sous une forme favorable à leur absorption par les plantes. En outre, les sols riches en matière organique ont une meilleure porosité et structure, ce qui améliore leur capacité de rétention d'eau. Selon Desta et al. (2005), la matière organique présente sous la forme de compost et/ou de fumier issus de la ferme et mélangés dans le sol a des capacités d'absorption et de rétention d'eau équivalant à quatre à sept fois sa propre masse. Les quatre principales méthodes d'incorporation et/ou production de matière organique de bonne qualité qui sont utilisées au Burkina Faso sont: le «tampoure», la fosse à fumier, le processus de compostage aérobie et le parc d'hivernage.

Figure 7: Agriculteurs travaillant à un processus de compostage aérobie



(Source: L. Bunclark, 2013)

Pertinence géographique: L'utilisation de fumier et de compost convient bien aux sols bien drainés (limoneux, graveleux ou sableux). Le choix de produire du compost et du fumier plutôt que d'utiliser des intrants est dicté par la proximité de la zone de production par rapport aux habitations, la disponibilité en résidus organiques et en biomasse (sèche/humide), la disponibilité en excréments animaux et la proximité avec les champs nécessitant leur application. La collecte d'excréments animaux destinés à l'enrichissement des champs est pratiquée dans tout le Burkina Faso. Le fumier est récupéré pour fertiliser les terres agricoles utilisées pour la production d'aliments et de cultures destinées aux marchés, et pour l'agroforesterie. L'application de fumier et de compost convient à tous les types de sols (CILSS, 2012).

Facteurs techniques et environnementaux: L'application de fumier augmente la teneur du sol en matière organique, améliore la structure et la porosité du sol et augmente la capacité de rétention d'eau. L'augmentation de matière organique améliore aussi la capacité d'infiltration du sol, ce qui peut contribuer à recharger les nappes souterraines peu profondes. Si le fumier d'origine animale (chameaux, chevaux ou ânes, bétail, volaille) est bien préparé (voir figure 7)

et appliqué en quantités adéquates, il peut considérablement améliorer la qualité et la fertilité du sol. L'augmentation de la matière organique du sol peut à son tour le rendre moins sujet à l'érosion due au vent et à l'eau.

Facteurs socio-économiques: La main d'œuvre nécessaire à la préparation des tas de fumier (ex.: excavation des fosses à fumier et tout le processus de maturation) augmente le coût total de cette pratique. La technique est relativement simple et peut très bien être gérée par des agriculteurs individuels. Cette technologie peut toutefois avoir un impact important sur les femmes, étant donné le temps et le travail qu'exige la production de compost.

Productivité et rentabilité: L'application de 5 ou 10 t/ha de compost peut entraîner des augmentations de rendement pouvant atteindre respectivement 120 et 300 pour cent par comparaison avec les parcelles témoin sans compost. L'association du compost à d'autres techniques de CE comme les «zaï», la micro-irrigation ou les cordons pierreux peut considérablement augmenter l'efficacité de cette technique en accroissant les rendements. Cet accroissement permet ainsi à cette technique de contribuer à augmenter les revenus des agriculteurs.

Bandes enherbées

Les bandes enherbées sont couramment utilisées comme barrières végétales pour minimiser l'érosion du sol et améliorer l'infiltration (voir figure 8). Elles peuvent filtrer les sédiments, atténuer le ruissellement excessif et réduire les inondations (Knoop et al., 2012). Il s'agit en général de faire pousser des bandes de 0,8 à 1 m de large le long des courbes de niveau sur des pentes douces de 2 pour cent. Les espèces d'herbes les plus couramment utilisées sont *Andropogon gayanus*, *Cymbopogon schoenateus* et *Vetivera nigrissima*, qui sont semées avant la saison des pluies. Ces bandes sont régies par le même principe que les cordons pierreux et les diguettes de terre: elles ralentissent le ruissellement en augmentant les aspérités de la surface et en améliorant l'infiltration de l'eau dans le sol, tout en favorisant l'accumulation des sédiments fertiles du sol.

Figure 8: Bandes enherbées intégrées à des sillons en courbes de niveau pour améliorer l'infiltration



(Source: M. Gurtner, GIZ, 2008)

Pertinence géographique: Les bandes enherbées sont en général utilisées dans les zones soudano-sahéliennes où les précipitations moyennes varient entre 400 et 1 000 mm par an. Bien que cette technique soit plus populaire dans les régions subhumides du pays où le climat ne limite en aucune façon la croissance des herbes, elle peut très bien être appliquée dans toutes les zones agro-climatiques. Elle convient à la fois aux grandes et petites échelles d'intervention et s'adapte à tous les types de sol. Néanmoins, les bandes enherbées conviennent particulièrement bien aux zones non pierreuses recevant de plus importantes précipitations.

Facteurs techniques et environnementaux: Les bandes enherbées améliorent considérablement l'humidité du sol dans la zone racinaire. La barrière biologique ralentit l'écoulement de l'eau et permet ainsi à une importante proportion de l'eau de s'infiltrer et de recharger les aquifères sous-jacents peu profonds. L'adoption des bandes enherbées a un impact très positif sur la qualité du sol et la réduction de l'érosion.

Facteurs socio-économiques: C'est le type d'intervention en courbes de niveau sur les pentes qui est le moins cher et exige le moins de main d'œuvre. Lorsqu'il s'agit d'herbes permanentes, l'entretien nécessite que l'herbe soit coupée plusieurs fois par an. Dans le cas d'espèces annuelles, il faut rétablir les bandes chaque année. L'expérience montre généralement que les agriculteurs maîtrisent assez bien la technique qui ne nécessite pas de connaissances ou compétences particulières. Son impact pour les femmes est assez positif puisque l'herbe fournit du fourrage pour le bétail et constitue une source de revenus.

Productivité et rentabilité: L'impact des bandes enherbées sur les rendements, si aucun amendement organique du sol n'est appliqué, reste négligeable. Par contre, si la technique est associée à une fertilisation du sol, elle peut produire une augmentation constante des rendements, bien qu'il y ait un risque de concurrence pour l'eau et la lumière entre les herbes et la culture adjacente. La paille obtenue à partir des bandes enherbées peut servir à produire des «seccos» ou du fourrage pour les animaux qui peuvent être vendus.

Paillage

Les paillis appliqués sur le sol constituent une couche protectrice qui forme un microclimat (voir figure 9). Ils peuvent être en matière organique (bois, foin, feuilles, aiguilles, coquilles) ou artificielle (plastique, géotextiles). Divers types de pailles servent à différentes utilisations dans différents lieux. En général, les paillis sont utilisés pour réduire les pertes en eau par évapotranspiration, réduire la croissance des mauvaises herbes, protéger contre la chaleur et le froid et apporter des nutriments au sol. Les paillis organiques, en particulier, créent des conditions idéales pour les microbes, insectes et organismes utiles (ex. : les vers de terre) qui améliorent la qualité du sol tout en décourageant d'autres, comme les limaces.

Pertinence géographique: Selon le CILSS (2012), le paillage est bien adapté aux zones soudanaises et sahéniennes du nord (recevant des précipitations de 300-900 mm/an). Il convient à tous les types de sol, sauf les sols inondés, et sont surtout bénéfiques pour les sols dénudés, dégradés et encroûtés. Les paillis de copeaux de bois sont utilisés dans toutes les zones agro-écologiques, mais c'est dans le Plateau central que cette pratique est la plus courante (dans la zone soudanienne du nord). Ils sont utilisés sur de nombreux types de sol et dans différentes conditions environnementales. Ils servent souvent à la restauration des sols dénudés ou encroûtés qui caractérisent la zone sahénienne (sols «zipellés»).

Facteurs techniques et environnementaux: L'application de paillis dans les zones semi-arides du Sahel, où l'érosion éolienne est importante, provoque une accumulation de particules de sédiments sous le paillage (Mando and Stroosnijder, 1999). Le paillage implique

aussi le rétablissement de la végétation pendant la première année d'application (Mando et al., 1999). En deux ans, le paillage peut permettre le développement d'une couche de végétation sur les sols dénudés. Cela améliore la fertilité et la porosité du sol et par conséquent sa capacité d'infiltration de l'eau.

Figure 9: Paillage avec des résidus de cultures



(Source: L. Bunclark, 2012)

Facteurs socio-économiques: Les coûts de mise en œuvre de cette technique sont de 22 000 FCFA/ha. Concernant la main d'œuvre, elle exige 1,5 personne/jour/ha et il faut 2 t/ha/an de paille pour assurer le paillage (GIZ, 2008). Cette pratique ne nécessite pas de compétences particulières. Il faut toutefois que les producteurs aient quelques notions des techniques efficaces de paillage et de la gestion technique des arbres/arbustes (taille, élagage, éclaircissage, etc.).

Productivité et rentabilité: Selon les producteurs de la province de Boulkiemdé, l'utilisation des feuilles de margousier comme paillis double les rendements des cultures (CILSS, 2012). Les rendements en grain du mil, avec la seule technique des cordons pierreux, s'élèvent en moyenne à 266 kg/ha, en comparaison de 395 kg/ha si les cordons pierreux sont associés à du paillage. On estime que la différence de 129 kg est due au paillage (GIZ, 2008). L'association du paillage avec les «zaï» et les demi-lunes peut augmenter les rendements des cultures pluviales (en grain et en paille).

Collecte de l'eau des routes

La collecte de l'eau des routes offre un vaste éventail de possibilités dans le pays, selon l'objectif envisagé. Au Burkina Faso, les structures les plus courantes associées à la CE des routes sont les bancs d'emprunt et les remblais routiers. Ces structures, si elles sont bien construites, peuvent durer de 30 à 50 ans si un minimum d'entretien est assuré. Au Burkina Faso, la pertinence géographique, les facteurs techniques et environnementaux, les facteurs socio-économiques et les facteurs de productivité et de rentabilité liés à la CE des routes sont comparables à ceux définis pour l'Ouganda dans la section précédente.

Demi-lunes

Les demi-lunes sont des diguettes semi-circulaires dont les extrémités sont placées au niveau des courbes de niveau. Le bassin formé à l'intérieur des demi-lunes collecte le ruissellement des eaux de la pente (Knoop et al., 2012). Cette technique est utilisée à diverses fins, telles que la restauration des terres de parcours, la stimulation de la production d'arbres et de cultures et l'augmentation de la production de fourrage (Knoop et al., 2012). Les demi-lunes servent de micro-bassins de captage qui recueillent et transportent les eaux jusqu'à la zone de culture placée au milieu de la diguette, comme le montre la figure 10.

Figure 10: Exemple de demi-lunes plantées de sorgho



(Source: Meta Meta)

Pertinence géographique: Cette technique est essentiellement utilisée dans les régions du Sahel, du nord et du centre-nord. Adaptées aux climats sahélien, sud-sahélien et nord-soudanien, les demi-lunes de terre ne conviennent pas aux zones recevant de fortes pluies car elles provoqueraient un engorgement et une asphyxie des plantes, ce qui réduirait le rendement des cultures sensibles à un excès d'eau. Dans un tel cas, les demi-lunes en pierres sont préférables. Les demi-lunes sont utilisées sur les sols dégradés et encroûtés. En fait, la dégradation et l'encroûtement des sols sont les principales raisons de la mise en place de demi-lunes sur les pentes et plateaux dégradés (pas dans les fonds de vallées) à pentes faible ou moyennes. Elles sont souvent utilisées par les agriculteurs sur les terres d'agriculture pluviale. (CILSS, 2012). Selon le GIZ (2008), elles sont conçues pour les terres agricoles, pastorales et forestières.

Facteurs techniques et environnementaux: Les demi-lunes améliorent l'infiltration et atténuent les effets de la variabilité des pluies sur la production agricole. Cette technique contribue aussi à la régénération des terres dégradées, à la stabilisation des sols et à la réduction de l'érosion du sol par l'eau. Il a été observé que les demi-lunes favorisent aussi l'augmentation de la matière organique du sol et sa disponibilité en azote et phosphore pour les plantes. Les demi-lunes sylvo-pastorales participent au reverdissement de l'environnement et favorisent la biodiversité.

Facteurs socio-économiques: Les coûts évalués pour la mise en œuvre de cette technologie sont de 50 000 FCFA/ha (CILSS, 2012). Selon le GIZ (2008), les besoins en main d'œuvre sont de 50 personnes/jour/ha pour repérer les courbes de niveau; tracer les contours des demi-lunes décalées; creuser les micro-bassins; établir la diguette en aval du micro-bassin; apporter du fumier organique (environ une tonne par hectare et par an). La mise en œuvre de ces demi-lunes permet aux agriculteurs de reprendre des activités agro-silvo-pastorales sur des terres considérées comme impropres à la production.

Productivité et rentabilité: En ce qui concerne la rentabilité, les demi-lunes sont les plus profitables des techniques de CE analysées. Le TRI (taux de rendement interne) des demi-lunes est d'environ 90 pour cent pour le rendement en grain et de 145 pour cent si les résidus de culture sont pris en considération (CILSS, 2008). Lorsqu'elles sont mises en place sur des terres abandonnées, l'accroissement du rendement atteint jusqu'à 180 kg/ha de mil en grain en plus et 400 kg/ha de paille par an. Lorsque des demi-lunes forestières sont implantées, la production annuelle de bois provenant d'arbres de dix ans d'âge est en moyenne d'un mètre cube par hectare. La valeur de cette production peut augmenter à environ 850 000 FCFA par hectare à partir de la cinquième année.

Le Maroc

L'AMC du Maroc a évalué les 13 techniques de CE les plus courantes et efficaces dans le pays, présentées dans le tableau 3. La performance des techniques varie de 70 à 90 pour cent, et environ la moitié d'entre elles atteignent un score dépassant 80 pour cent. L'écart type des scores des critères diffère considérablement selon les techniques. Les cinq techniques de CE les plus performantes sont l'irrigation de crue (aussi appelée «faïd» ou «ouggoug»), les terrasses-banquettes, la CE des routes, les micro-bassins et l'agriculture de conservation, dont les scores sont indiqués dans le tableau 6.

Il existe au Maroc un grand intérêt et un vaste potentiel pour la revitalisation de la collecte des eaux de crue et de ruissellement dans les zones semi-arides et désertiques. Les systèmes de collecte des eaux de crue de type «faïd/ouggoug» ont obtenu de très bons scores dans l'AMC et sont souvent associés à la culture de palmiers-dattiers à forte valeur ajoutée. Les terrasses-banquettes sont une autre technique très bien notée et populaire dans les régions du Rif et du Haut Atlas du Maroc. Les terrasses- en banquettes sont particulièrement adaptées aux régions à pentes abruptes en raison de leur résistance et de leur efficacité dans le contrôle

Table 6: Résultats de l'AMC pour les cinq techniques de CE les plus performantes au Maroc

Technique de CE	Critères				Score de performance pondéré
	A	B	C	D	
Irrigation de crue/ faïd/ouggoug	2.57	4.33	3.63	4.67	90%
Terrasses-banquettes	2.83	4.00	3.31	5.00	90%
CE des routes	4.83	4.00	3.50	4.00	87%
Micro-bassins	3.50	3.83	3.56	4.33	86%
Agriculture de conservation	3.14	3.83	3.00	4.33	82%

de l'érosion, par comparaison avec les autres types de systèmes en courbes de niveau comme les banquettes agricoles. Bien que les scores globaux de ces deux techniques soient élevés, les données disponibles révèlent une grande variabilité de résultats dans les quatre critères. En outre, l'irrigation de crue est dans une large mesure limitée aux environnements arides du Maroc et n'est pas très applicable aux autres ZAE. Bien que les terrasses-banquettes offrent davantage de possibilités d'application dans un plus large éventail de ZAE et qu'elles affichent de très bons résultats sur le plan de la durabilité et de l'efficacité, la construction de nouvelles terrasses exige un investissement initial élevé, particulièrement en main d'œuvre, ce qui pourrait constituer un obstacle à leur adoption par les agriculteurs. Les autres techniques ayant obtenu des scores élevés, soit la CE des routes, les micro-bassins et l'agriculture de conservation, sont plus favorables à la poursuite d'essais supplémentaires et à une expansion à plus grande échelle.

Une brève description de chaque technologie, avec l'explication de ses scores dans l'AMC, est proposée dans les pages qui suivent.

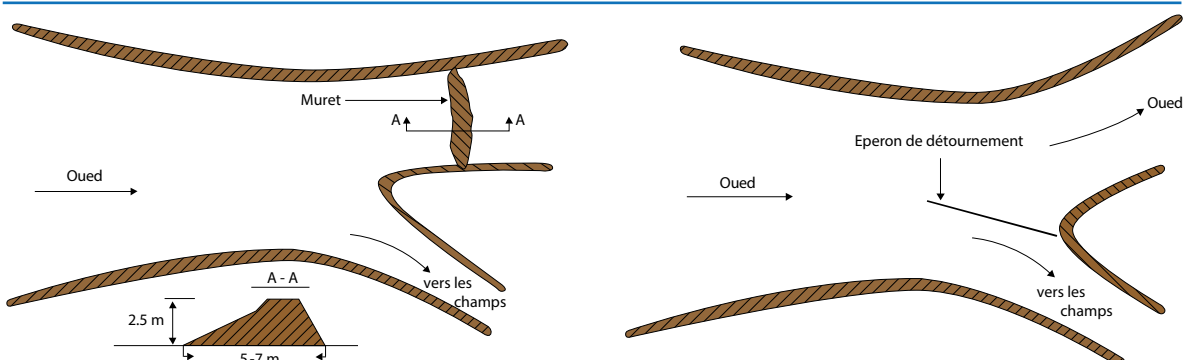
L'irrigation de crue/ Faid/ Ouggoug

Pendant les crues, les eaux qui s'écoulent des bassins versants des zones montagneuses sont canalisées à partir des lits naturellement secs des rivières et épandues sur de vastes superficies pour l'irrigation ou pour remplir des bassins d'eau potable, recharger les eaux souterraines, ou améliorer les zones de pâturage, ou encore remplir plusieurs de ces fonctions (Knoop et al., 2012). Les crues imprévisibles, qui peuvent durer de quelques heures à deux jours, sont dirigées vers les terres environnantes au moyen de structures de dérivation ou de prises d'eau à niveau libre (voir figure 11).

Dans les montagnes arides du Maroc, des murets ou digues en terre brute pour l'irrigation de crue (Ouggoug) sont élevés dans le lit principal des rivières pour dériver le débit de crue vers des canaux et irriguer les plaines en aval. Ces digues mesurent en général un à deux mètres de haut et peuvent résister à des crues importantes de récurrence décennale. Les eaux de crue sont d'abord acheminées jusqu'à un canal où le sable et le limon se déposent sur le fond, puis vers des canaux secondaires qui distribuent l'eau jusqu'aux champs. L'eau est généralement encore riche en sédiments, donc parfaite pour irriguer et fertiliser les champs.

Pertinence géographique: Cette technique est bien adaptée aux zones désertiques sèches (avec des précipitations < 300 mm/an.) Au Maroc, cette technique est répandue du côté pré-saharien sud du Haut Atlas (Tafilalt, Ouarzazate, Tata, etc.) où les pluies sont inférieures à 200 mm, mais elle pourrait être étendue à toutes les montagnes et contreforts arides autour des lits des rivières saisonnières. Les eaux de crue sont aussi peu durables et incertaines que les pluies, ce qui rend aussi très incertain l'impact de cette technique sur la productivité agricole (Roose et al., 2010).

Figure 11: Prise d'eau à muret de dérivation (à gauche); et prise traditionnelle à éperon de détournement (à droite).



(Source: Sawadogo et al, IUCN, 2011)

Facteurs techniques et environnementaux: L'irrigation de crue favorise la conservation de l'humidité dans la zone racinaire et augmente la capacité d'infiltration. Il est difficile à l'heure actuelle de quantifier précisément la quantité d'eau qui contribue à réalimenter artificiellement les nappes, mais il est reconnu que les agriculteurs observent une élévation du niveau des eaux souterraines après chaque crue. L'adoption de cette technique a aussi un impact très positif sur la qualité du sol, en particulier parce qu'elle réduit l'érosion due à l'eau et augmente les niveaux d'humidité et de nutriments dans le sol (WOCAT, 2011).

Facteurs socio-économiques: Il faut former et bien organiser les bénéficiaires de cette technique. Selon le WOCAT (2011), les agriculteurs et agents de vulgarisation agricole doivent avoir un niveau élevé de connaissances techniques. Les structures de dérivation sont souvent endommagées et/ou emportées vers l'aval par la violence des crues. La reconstruction et l'entretien sont très pénibles et nécessitent l'action collective de la communauté. Des règles locales élaborées ainsi que l'organisation et la coopération entre les communautés sont des conditions préalables indispensables à la réussite de la gestion de l'irrigation de crue.

Productivité et rentabilité: L'adoption de cette technique permet l'amélioration de la productivité des terres en pente douce au pied des collines, grâce à l'apport en sédiments et à l'augmentation des rendements. L'eau s'infiltre profondément dans le sol et fournit suffisamment d'humidité pour deux à trois années d'agriculture pluviale. Malheureusement, l'occurrence et la durée des crues sont imprévisibles, ce qui rend les niveaux de production très variables. En général la rentabilité de cette technique traditionnelle est élevée dans la région de l'Anti-Atlas, grâce à l'association de diverses techniques (champs en terrasses, «seguias», «faïd», «ougoug»), qui permet aux agriculteurs de se lancer dans des cultures de rapport relativement consommatrices d'eau qu'ils ne pourraient pas entreprendre sans ces techniques. Pour que le système soit profitable, la construction et le fonctionnement des infrastructures devraient toutefois incomber à l'Etat.

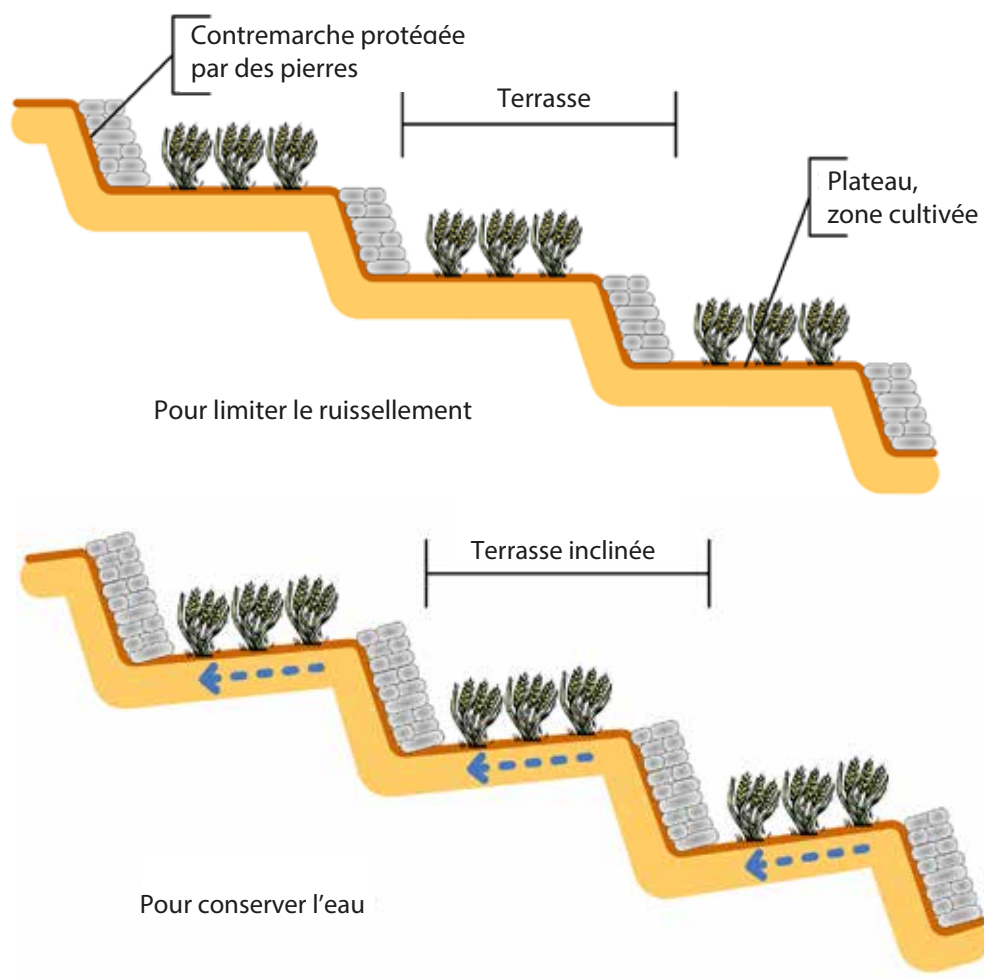
Terrasses-banquettes

Les terrasses- banquettes se caractérisent par des séries alternées de «plateaux» et de «contremarches» (voir figure 12). Elles sont généralement mises en place sur des pentes relativement abruptes (15-55 pour cent) dotées de sols profonds permettant ce type d'aménagements. Les surfaces plates alternées arrêtent le ruissellement et augmentent le stockage de l'eau dans le profil pédologique. Dans les terrasses- banquettes, les contremarches sont souvent renforcées par des pierres ou un couvert végétal. Lorsqu'à la construction le plateau est légèrement incliné vers l'intérieur, cela augmente le stockage de l'eau et améliore la protection du sol. Dans les zones arides, les agriculteurs préfèrent des terrasses de conservation-banquettes. Dans ce cas, la distance entre les terrasses est plus importante et une partie des terres en pente est laissée telle quelle pour servir de zone de captage. Le ruissellement engendré par cette dernière nourrit les plantes situées immédiatement au-dessus des contremarches. Cette configuration augmente la quantité d'eau disponible pour les plantes et réduit l'érosion.

Pertinence géographique: Selon Roose et al. (2010), les conditions climatiques idéales pour l'aménagement de terrasses- banquettes sont des précipitations annuelles de 600 mm, une profondeur du sol de 80 cm, une grande perméabilité du sol et une pente maximale de 40 pour cent (remblai consolidé avec des pierres). Les terrasses- banquettes sont utilisées dans les régions du Rif et du Haut Atlas. Cette technique marche bien sur les pentes dont les sols sont consolidés et perméables, mais elle ne devrait jamais être employée sur des sols

imperméables et friables (schistes et marnes) où les risques de glissement de terrain sont importants. On trouve des terrasses- banquettes méditerranéennes (avec des murs de faible élévation) dans toutes les zones plus humides, mais seulement près des sources et lits de cours d'eau saisonniers dans les zones arides et semi-arides.

Figure 12: Terrasses- banquettes limitant le ruissellement (en haut) et terrasses- banquettes à plateaux inclinés vers l'intérieur qui augmentent le temps de rétention d'eau (en bas)



(Source: Knoop et al., 3R Water Secretariat, 2012)

Facteurs techniques et environnementaux: Les terrasses- banquettes réduisent l'érosion par l'eau sur toute la pente, les débits de pointe des cours d'eau et l'envasement des barrages. En diminuant le ruissellement, ces structures sont plus efficaces pour contrôler le ravinement que des banquettes continues qui pourraient déborder. En outre, les terrasses-banquettes favorisent l'accumulation de matière organique et de nutriments dans le sol. Elles améliorent la productivité du sol par le captage et la rétention des particules organiques transportées par l'eau.

Facteurs socio-économiques: En général l'aménagement d'une terrasse nécessite 350 - 1500 jours de travail par hectare selon le type de muret (terre ou pierre) et la pente (Roose et al., 2010). En ce qui concerne la capacité d'entretien, les terrasses- banquettes étant une technique traditionnelle à forte valeur ajoutée (le sol devient plus rentable sur la durée), les agriculteurs ont conservé un savoir-faire de génération en génération. Pour les terrasses nécessitant un investissement plus important, les agriculteurs peuvent toutefois faire appel à de la main d'œuvre extérieure si le travail de la famille ne suffit pas. Un entretien régulier du mur bas, en particulier après chaque gros orage, est nécessaire pour maintenir l'efficacité des terrasses.

Productivité et rentabilité: L'amélioration de la productivité des terres est un important facteur motivant pour l'aménagement de ces structures, en particulier dans les zones semi-arides et sur les pentes abruptes (qui sans cela ne seraient pas cultivées à cause de l'érosion par l'eau). Du fumier organique et des suppléments minéraux sont appliqués sur les terrasses-banquettes pour soutenir la production, ce qui contribue à produire des légumes en rotation avec des céréales et du fourrage. L'irrigation, les jardins potagers et les plantations de fruits assurent la grande rentabilité de cette technologie.

Collecte de l'eau des routes

Comme le montre la section sur la CE des routes en Ouganda, les routes peuvent constituer un mode utile de collecte de l'eau et offrent un vaste éventail de possibilités dans le pays, selon l'objectif envisagé. Il existe des exemples de cette technique dans tout le Maroc, où les micro-bassins aménagés autour des arbres captent les eaux de ruissellement recueillies par les routes et chemins. D'autres techniques sont utilisées plus spécifiquement dans des zones déterminées. Dans les zones arides et semi-arides, le ruissellement des routes sert à recharger les «matfias», bassins de stockage de l'eau et réservoirs. Dans les régions de l'est du Rif et du Haut Atlas, l'eau issue des routes est souvent canalisée vers des oliveraies et amanderaies, une technique appelée «r'foussi» en berbère. Dans les zones humides et subhumides (Rif occidental), l'excès d'eau des terrasses est acheminé vers des pistes encailloutées pour le bétail qui entraînent l'eau vers des parcelles situées en aval.

Au Maroc, les facteurs techniques et environnementaux, les facteurs socio-économiques et les facteurs de productivité et de rentabilité liés à la CE des routes sont comparables à ceux définis pour l'Ouganda dans une précédente section.

Micro-bassins

Les micro-bassins sont entourés de murets en terre disposés en forme de demi-lunes ou de V. Ces murets peuvent aussi être renforcés avec des pierres comme le montre la figure 13. Les micro-bassins de captage sont surtout employés pour la culture d'arbres ou arbustes. Cette technique est adaptée à la plantation d'arbres à petite échelle dans toutes les zones subissant un déficit hydrique. En plus de récupérer de l'eau pour les arbres, elle a en même temps un effet de conservation du sol. Dans le désert et sur les steppes et plateaux arides, des fossés sont creusés au pied des collines pour collecter les eaux de ruissellement et irriguer les arbres fruitiers (palmiers-dattiers, oliviers et amandiers) plantés dans les meilleures terres des vallées (sols profonds). Dans les montagnes semi-arides, sur les pentes irriguées, les micro-bassins sont associés à diverses cultures (arbres ou céréales, légumes et fourrage). Sur les pentes sèches, les terres de parcours naturelles sont mélangées à des zones plantées d'arbustes fourragers installés dans des micro-bassins en demi-lunes.

Facteurs techniques et environnementaux: Un seul bassin peut augmenter l'humidité du sol d'environ 5 pour cent et stocker approximativement 150 mm d'eau par an. En ce qui concerne la fertilité du sol, les micro-bassins augmentent d'environ 20 pour cent en moyenne la quantité de matière organique dans le sol et la teneur en nutriments de la couche supérieure (phosphore et potasse). Ils captent aussi les sédiments et les déchets animaux transportés par le ruissellement, ce qui protège les infrastructures hydrauliques en aval (Oukabli, 2012).

Figure 13: Oliveraie utilisant des demi-lunes pour capter les eaux de ruissellement des pentes dans le pré-Rif oriental



(Source: Meta Meta.)

Pertinence géographique: Cette technique est adaptée aux zones arides et semi-arides recevant des précipitations annuelles d'au plus 500 mm/an sur des pentes de moins de 5 pour cent. Une profondeur du sol supérieure à 30 cm à perméabilité moyenne est aussi recommandée. C'est pourquoi les micro-bassins en terre sont moins adaptés aux zones subhumides du Maroc, parce qu'elles n'évacuent pas l'eau qui peut stagner à la racine des plantes. Dans ce cas, un muret en pierre autour des micro-bassins devrait garantir un drainage adéquat. Ce type de structure est aussi mieux adapté aux pentes plus accentuées de la région du Rif.

Facteurs socio-économiques: Les coûts d'aménagement varient entre 15 et 20 Dm (soit 1 500 à 2 000 Dm pour une densité de 100 arbres/ha). Les micro-bassins nécessitent un entretien régulier: il faut surtout inspecter et réparer les murets endommagés par les fortes pluies. Il faut aussi empêcher la végétation de s'installer dans le bassin (désherbage) et appliquer une quantité adéquate de fumier pour améliorer les rendements des cultures. Dans l'ensemble, les micro-bassins sont relativement peu coûteux à construire et faciles à entretenir, et l'irrigation des arbres par des canaux d'irrigation ne pose aucun problème. Cette technique est l'une de celles que les agriculteurs marocains maîtrisent le mieux.

Productivité et rentabilité: La quantité d'eau retenue et stockée par un micro-bassin peut être utilisée pour améliorer le bilan hydrique des cultures, ce qui peut se traduire par des augmentations de rendement pouvant atteindre 100 pour cent (cas de l'olivier, Oukabli, 2012). En ce qui concerne la diversification de la production, la présence de micro-bassins permet de produire des cultures fourragères, des céréales et des arbres fruitiers. Les micro-bassins ne sont pas adaptés aux cultures de légumes (Roose et al., 2010). Des oliviers, amandiers, abricotiers, figuiers et grenadiers sont souvent plantés dans des bassins dans lesquels les eaux de ruissellement s'écoulent en cascade, de bassin en bassin (El Amani, 1983). Les cultures d'arbres sont parfois intercalées avec des céréales d'hiver.

Agriculture de conservation

L'agriculture de conservation est une approche de l'agriculture qui pour reproduire les processus des écosystèmes naturels obéit à trois principes: (i) une perturbation minimale du sol, entretenu en plantant les cultures dans un sol non labouré, en ouvrant une tranchée, une bande ou un sillon étroit juste assez large et profond pour que les semences soient correctement recouvertes; (ii) une couverture permanente du sol avec des pailles, des résidus de récolte ou des cultures de couverture; et (iii) la rotation des cultures (voir figure 14). L'agriculture de conservation favorise la rétention d'humidité dans le sol, diminue les pertes par évaporation et par conséquent augmente l'efficacité de l'utilisation des eaux de pluie.

Figure 14: Cultures intercalaires de maïs et haricots verts



(Source: MetaMeta, 2015)

Pertinence géographique: Au Maroc, ce sont surtout sur les plaines des régions de Chaouia, Abda, et Doukkala que se trouvent les projets prospères d'agriculture de conservation. Les sols bruns, qui occupent les plaines, terrasses et pentes atlantiques reliant les terrasses et collines érodées de la région du Rif, conviennent bien pour l'agriculture de conservation en raison de leur important potentiel agricole et de leur grande vulnérabilité (sols fragiles et érodables). Dans l'ouest du Rif, Roose et al. (2010) proposent les techniques de culture suivantes: un labourage grossier suivant les courbes de niveau et une application de fumier sur les jachères, un ensemencement direct sur les résidus de récolte, un couvert végétal spontané et des cultures de couverture. L'agriculture de conservation est traditionnellement mal adaptée aux zones où l'eau est un facteur restrictif et où il est difficile de mettre en place une couverture permanente du sol à cause de la concurrence entre le paillage et l'alimentation du bétail pour les résidus de culture.

Facteurs techniques et environnementaux: De nombreux auteurs ont indiqué que les techniques de conservation fondées sur l'ensemencement direct augmentent la teneur en humidité du sol par comparaison avec les techniques classiques. Les résidus de récolte et la végétation spontanée limitent l'évaporation du sol et préservent l'humidité du sol. L'ensemencement direct réduit l'érosion et le compactage du sol tout en préservant son humidité;

l'érosion par l'eau et le vent est réduite de 50 à 90 pour cent (Moussadek, 2012). La terre et les sédiments qui autrement auraient été perdus sont riches en nutriments. L'agriculture de conservation stimule aussi l'activité biologique dans le sol et réduit l'encroûtement en surface.

Facteurs socio-économiques: En réduisant l'utilisation du travail mécanisé, l'agriculture de conservation permet une réduction du coût de la main d'œuvre et de l'énergie. Il arrive toutefois souvent que les coûts liés aux herbicides augmentent. En outre, des frais d'investissement élevés sont nécessaires pour acheter un semoir direct combiné (6 000 \$ E.-U.) spécifique à certaines semences – les agriculteurs auraient normalement besoin de deux machines différentes pour assurer une rotation maïs-blé. La technique exige un engagement à long terme pour que les agriculteurs constatent les avantages de son application. Son adoption peut aussi être difficile pour eux car elle nécessite une certaine expertise et des connaissances techniques – un nouveau système pour gérer les cultures et le sol, de nouveaux équipements, etc.

Productivité et rentabilité: La mise en œuvre de l'agriculture de conservation stabilise les rendements à des niveaux comparables aux pratiques modernes de l'agriculture intensive. Pendant les années sèches, la production de l'agriculture de conservation est en général moins touchée que celle de l'agriculture classique. L'application des résidus de culture et la rotation des cultures améliorent les niveaux de fertilité des sols et réduisent par conséquent les niveaux d'engrais minéraux nécessaires. L'augmentation des rendements obtenue grâce à l'agriculture de conservation peut varier de 10 à 155 pour cent par rapport au travail du sol en profondeur, selon la zone d'application et les conditions de pluviosité.



Conclusion

Photo© F. Sambalino, MetaMeta

La CE offre de vastes perspectives d'augmentation des rendements et d'amélioration de la sécurité alimentaire dans les zones d'agriculture pluviale dont les caractéristiques s'apparentent à celles du Maroc, du Burkina Faso et de l'Ouganda. L'un des principaux moyens par lesquels la CE concourt à mettre en place des systèmes d'agriculture pluviale plus productifs et résilients au changement climatique est l'influence qu'elle exerce sur les microclimats. En augmentant la rétention d'eau et l'humidité du sol, en particulier lorsqu'elle est associée à des mesures biologiques comme la (ré)génération de la végétation et du sol, la CE impacte des processus importants tels que: l'évaporation, la transpiration, l'humidité de l'air, la température de l'air et du sol, la remontée capillaire, l'activité microbienne du sol, l'accumulation et la décomposition de la matière organique du sol et la disponibilité en nutriments pour les plantes. Bien gérés, la CE et les microclimats qu'elle influence pourraient amortir les effets du changement climatique et contribuer à assurer une production agricole durable et préserver l'agrobiodiversité.

La CE englobe un vaste éventail de techniques applicables à des conditions géographiques très variées et adaptées à une ou plusieurs utilisations de l'eau – usages domestiques, irrigation, bétail, aquaculture et écosystèmes. Toutes les solutions de CE présentées ici peuvent être utilisées de manière autonome, mais si elles sont associées de manière systémique à l'échelle du paysage, leur effet sur le stockage global d'eau est plus important. L'amélioration de la capacité de CE pour l'agriculture exige donc une planification et une gestion des paysages permettant de répondre aux objectifs multiples et aux besoins des parties prenantes, parmi lesquels la production agricole, l'amélioration des moyens de subsistance et la conservation des écosystèmes. Il est ainsi crucial de savoir ce qu'il faut faire et où, comment gérer les processus/techniques de stockage de l'eau, comment l'eau s'écoule, où elle s'infiltre, où elle peut être stockée et retenue, quels types de gestion des terres et de la couverture végétale améliorent ces processus, et comment le microclimat est modifié. La transformation des paysages dépend dans une large mesure de la capacité de recharge potentielle et du stockage de l'eau.

Pour déterminer les techniques de CE donnant les meilleurs résultats et choisir lesquelles il est souhaitable de favoriser et de promouvoir à plus grande échelle, il faut prendre en considération leurs facteurs biophysiques, techniques et socio-économiques. L'un des principaux objectifs de cette évaluation détaillée des technologies de CE est donc d'aider les acteurs à déterminer les techniques de CE méritant d'être soumises à des essais supplémentaires et soutenues, en se fondant sur le contexte de chacun des trois pays impliqués.

Un critère majeur du choix des techniques de CE à promouvoir à plus grande échelle dans les trois pays est la nécessité de combiner plusieurs techniques, ce qui permet de tirer parti des synergies qui se dégagent de leurs divers impacts sur le stockage de l'eau et la régénération des sols. En conséquence il est proposé ici d'intégrer un éventail de techniques de CE très performantes agissant sur différents aspects du système agro-écologique si complexe.

Il apparaît dans les trois pays qu'une association de mesures, plutôt que des techniques employées de façon autonome, constitue le moyen le plus efficace d'assurer la souplesse nécessaire à une augmentation de la production des cultures dans l'ensemble des

communautés agricoles vivant dans ces régions. C'est pourquoi les résultats de ces études suggèrent l'intégration de plusieurs mesures de CE dans les systèmes d'agriculture. En Ouganda, il a été suggéré que les dispositifs de CE par stockage – petits bassins de CE, bassins de collecte dans les vallées et CE des routes – soient étudiés de manière plus approfondie et utilisés à plus grande échelle, en association avec des mesures améliorant l'humidité du sol, comme les diguettes en courbes de niveau et la CE pour plantations de bananiers. Au Burkina Faso, l'adoption des bandes enherbées, du paillage et du compostage devrait pareillement être encouragée en association avec des mesures favorisant la canalisation de l'eau des routes et autres surfaces imperméables vers des micro-bassins tels que des demi-lunes. Enfin, au Maroc, étant donné la grande spécificité géographique de certaines techniques de CE, comme les «ouggoug» et terrasses-banquettes, cette évaluation estime que l'intégration de mesures moins coûteuses et adaptées à de plus larges zones géographiques serait la solution la plus appropriée. Ainsi, pour ce pays, la canalisation et la collecte de l'eau à partir des surfaces imperméables, les micro-bassins et les diverses composantes de l'agriculture de conservation permettant une gestion améliorée de l'humidité et de la santé du sol sont suggérés comme un ensemble possible de mesures susceptibles d'augmenter la production agricole dans les zones pluviales.

Il va donc falloir, pour les années à venir, soutenir la recherche, l'expérimentation et la diffusion des techniques pour améliorer, adapter et faire connaître la CE dans tous les pays et régions. Il faudra pour ce faire resserrer les liens entre agriculteurs et institutions éducatives telles que les universités, collèges et centres de formation professionnelle. Les expériences réalisées au Burkina Faso, au Maroc et en Ouganda, ainsi que dans plusieurs pays d'Afrique subsaharienne, soulignent une chose: ce qui marche, c'est de placer l'agriculteur au centre du processus en respectant son mode d'action et en le traitant comme un client plutôt que comme un bénéficiaire. Lorsque les agriculteurs sont convaincus des avantages des techniques de CE pour leur productivité et leurs revenus, ils les adoptent, innovent, et les adaptent à leurs besoins particuliers. De nombreux exemples montrent que l'adoption d'une technique n'est pas un processus linéaire. Au contraire, cela s'accomplit souvent par étapes et de manière incomplète, ce qui signifie que seuls certains éléments des ensembles technologiques suggérés sont adoptés; ce phénomène ne devrait pas être considéré comme un échec par les acteurs responsables de la mise en œuvre et de la gestion des systèmes de CE. Ces processus reflètent souvent des décisions réfléchies de la part des agriculteurs, fondées sur des années d'observation de leurs systèmes de production agricole et une évaluation précise de leurs besoins et capacités.

En sus du soutien et de la mise en œuvre des techniques appropriées, le processus fondamental de développement, adaptation et adoption de la CE doit aussi être appuyé par la garantie des droits fonciers, un accès facilité aux marchés, un soutien à l'apprentissage d'agriculteur à agriculteur et un resserrage des liens entre agriculteurs et systèmes formels d'enseignement et de recherche. Il est en effet crucial de prendre ces catalyseurs institutionnels, et bien d'autres, en considération et de les intégrer dans les futurs programmes de CE afin de créer des opportunités pour développer les innovations des agriculteurs et favoriser leur bien-être.

Enfin, l'appui accordé à la CE comme moyen d'augmenter la productivité et la résilience des systèmes d'agriculture pluviale devrait être axé sur un travail à plus grande échelle. Pour ce faire, un moyen intéressant consiste à relier dans chaque pays les activités liées à la CE à de grands programmes de mise en œuvre d'initiatives, comme les filets de sécurité. Cela permettra des impacts plus tangibles sur le stockage global de l'eau et les moyens de subsistance des populations rurales.

Références

- Al Balghiti, A., Mouaaid, A.** (2010). *Country profile report on agricultural research, extension and information services: the case of Morocco*. Sub-regional workshop on: Knowledge exchange management system for strengthening rural community development; Cairo.
- AQUASTAT** (2015). *Country Profile: Burkina Faso*. Food and Agriculture Organisation of the United Nations.
- AQUASTAT** (2015). *Country Profile: Morocco*. Food and Agriculture Organisation of the United Nations.
- AQUASTAT** (2015). *Country Profile: Uganda*. Food and Agriculture Organisation of the United Nations.
- AQUASTAT** (2014) *Country profile: Burkina Faso*. Available at: http://www.fao.org/nr/water/aquastat/countries_regions/bfa/indexfra.stm (Accessed: 05/12/2014).
- ASARECA**. (2007). *ASARECA's Strategic Plan 2007-2016*. Agricultural Research-for-Development in Eastern and Central Africa, Entebbe.
- Balaghi, R.** (2014). *Évaluation De La Productivite De L'eau en Agricultures Pluviales Et Irriguees Au Maroc* (pp. 1–44). FAO, Rome.
- CILSS** (2012). *Bonnes pratiques agro-sylvo-pastorales d'amélioration durable de la fertilité des sols au Burkina Faso*. Commission Européenne Délégation au Burkina Faso/Comité permanent Inter-Etats de Lutte contre la Sécheresse au Sahel, Ouagadougou.
- Critchley, W. & Siegert, K.** (1991). *Water Harvesting: a Manual for the Design and Construction of Water harvesting Schemes for Plant Production*. FAO, Rome. URL: <http://www.fao.org/docrep/U3160E/U3160E00.htm#Contents>. Accessed on 12th March, 2015.
- Desta, L., Carucci, V., & Wendem-Agenehu, A.** (2005). *Community based participatory watershed development: A guideline* (p. 215). Ministry of Agriculture and Rural Development. Government of Ethiopia, Addis Ababa.
- Desta, L.** (2015). *Development of Farm Ponds Planning, Design and Construction Guidelines*. Ministry of Agriculture, Agricultural Growth Program (MoA AGP). Government of Ethiopia, Addis Ababa.
- Doukkali, M.R.** (2005). Water institutional reforms in Morocco. *Water Policy* 7, 71-88.
- El Amani, S.** (1983). *Les aménagements hydrauliques traditionnels en Tunisie*. CRGR, Tunis.

- FAO** (2008) *Mission d'évaluation de la situation, de consultation des partenaires et identification préliminaire d'un plan d'actions* (7-18 Avril 2008), Rapport de fin de mission 330, Initiative on Soaring Food Prices. FAO, Rome
- FAO** (2014a) *Country fact sheet on food and agriculture policy trends: Burkina Faso* (Food and Agriculture Policy Decision Analysis). FAO, Rome. [Online]. Available at: <http://www.fao.org/docrep/field/009/i3760e/i3760e.pdf>.
- FAO** (2014b) *The state of food and agriculture, Innovation in family farming*. FAO, Rome.
- FAO/IWMI** (2010) *Cartographie des zones socio-rurales du Burkina Faso*. FAO/IWMI, Rome/Colombo.
- Fungo, B., Tenywa, M., Majaliwa, J., Kuule, M., & Kumugisha, R.** (2011). Use of Soil Conservation Practices in the Southwestern Highlands of Uganda. *Journal of Soil Science and Environmental Management*, 3(9), 250–259.
- GIZ (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit)**, Réseau sectoriel du développement rural Afrique (SNRD) / Gouvernance des ressources naturelles. (2008). *Bonnes pratiques de conservation des eaux et des sols*. Contribution à l'adaptation au changement climatique et à la résilience des producteurs au Sahel. GIZ, Bonn.
- Hammani, A.** (2014). *Renforcement de l'efficience de l'usage de l'eau et de sa productivité au niveau Africain et au niveau global*. Projet N° : GCP/INT/166/SWI. FAO, Rome.
- Knoop, L., Sambalino, F., and van Steenberg, F.** (2012). *Securing Water and Land in the Tana Basin. A resource book for water managers and practitioners* (pp. 1–177). 3R Water Secretariat, The Netherlands.
- Lancaster, B.** (2008). *Rainwater Harvesting for Drylands and Beyond Volume 1: Guiding Principles to Welcome Rain Into Your Life and Landscape*. Rainsource Press, Tucson, USA.
- Mando, A. and Stroosnijder, L.** (1999). The biological and physical role of mulch in the rehabilitation of crusted soil in the Sahel. *Soil Use and Management*, 15: 123–127
- Mando, A., Brussaard, L. and Stroosnijder, L.** (1999). Termite- and Mulch-Mediated Rehabilitation of Vegetation on Crusted Soil in West Africa. *Restoration Ecology*, 7: 33–41.
- MAPM** (2011). *Le conseil agricole : une nouvelle stratégie de service pour les agriculteurs*. Ministère de l'Agriculture et de la Pêche Maritime (MAPM). Government of Morocco, Rabat.
- Mendoza, G. A., Macoun, P., Prabhu, R., Sukadri, D., Purnomo, H., and Hartanto, H.** (1999). *Guidelines for Applying Multi-Criteria Analysis to the Assessment of Criteria and Indicators*. Source: http://www.cifor.org/livesinfores/publications/pdf_files/toolbox-9c.pdf. Accessed on 7th April, 2015.

- MWLE** (1999). National Water Policy. Ministry of Water, Land and Environments. Government of Uganda, Entebbe.
- NAPA** (2007). *Burkina Faso: National Adaptation Programme of Action*. Government of Burkina Faso, Ouagadougou.
- Oukabli, A.** (2012). *Revue annuelle des réalisations en matière de Variétés et leurs conduites techniques dans les zones du projet. Axe II : Variétés et leurs conduites techniques*. INRA/IAVH II/ENAM/ENFI, Settat.
- Roose, E.** (1977) *Erosion et ruissellement en Afrique de l'Ouest. Vingt années de mesures en petites parcelles expérimentales*. Travaux et Documents 78. ORSTOM, Paris.
- Roose, E., Sabir, M. & Laouina, A.** (2010). *Gestion durable des eaux et des sols au Maroc : Valorisation des techniques traditionnelles méditerranéennes*. Institut de recherche pour le développement (IRD). URL: http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers12-09/010054911.pdf. Accessed on 28th April, 2015.
- Sabiiti, E. N. & Teka, T.** (2004). *Dryland Husbandry in Uganda Community Participation and Development*. URL: <http://publications.ossrea.net/images/stories/ossrea/dryland-husbandry-in-uganda.pdf>. Accessed on 23rd April, 2015.
- Sawadogo, M., Somda, J., Seynou, O., Zabré, S., and Nianogo, A. J.** (eds) (2011). *Catalogue des bonnes pratiques d'adaptation aux risques climatiques au Burkina Faso*. IUCN, Ouagadougou. 52 pp.
- Steenbergen, F. van., and Mehari Haile, A.** (2015). *Exploring a missed opportunity: Microclimates*. URL: <https://wle.cgiar.org/thrive/2015/06/03/exploring-missed-opportunity-microclimates>. Accessed on 8th March, 2016.
- Steenbergen, F. van. and Tuinhof, A.** (2010). *Managing the Water Buffer for Development and Climate Change Adaptation. Groundwater Recharge, Retention, Reuse and Rainwater Storage*. MetaMeta: Wageningen (pp. 1–98).
- Steenbergen, F. van., Lawrence, P. and Salman, M.** (2010) *Guidelines on spate irrigation*. FAO Irrigation and Drainage Paper 65. FAO, Rome.
- Wanyama, J.** (2014). *Strengthening Agricultural Water Efficiency and Productivity on the African and Global Level*. Report on Water Resources Management-Water Use Efficiency in Uganda. FAO project GCP/INT/166/SWI. FAO, Rome.
- WfAP Task Team.** (2012). *Framework Implementation Plan on Water for Agricultural Production*. Government of Uganda, Entebbe (pp. 1–189).
- WOCAT**, (2011) *Technologie de CES : La technologie sans travail du sol*, Maroc. INRA, Settat.

Annexe I:

Critères et indicateurs de l'AMC

Indicateurs pour le critère A

Zones agro-écologiques: La pertinence géographique de l'indicateur n'est pas indicative de sa performance: un score faible de la pertinence géographique - une technique qui fonctionne bien dans une étroite zone agro-climatique – n'a pas d'incidence sur sa performance. Par contre, si une technique est répandue dans un pays et s'adapte à un grand nombre de zones agro-écologiques, cela signifie probablement que c'est aussi une technique efficace.

Ouganda

- A.1.1 ZAE de haute altitude
- A.1.2 ZAE pastorale semi-aride
- A.1.3 ZAE de steppe à herbages courts du nord et de l'est
- A.1.4 ZAE de savane à hautes herbes du sud et de l'ouest

Burkina Faso

- A.1.1 Zone nord-sahélienne (Précipitations 350-500mm)
- A.1.2 Zone sud-sahélienne (Précipitations 500-700 mm)
- A.1.3 Zone nord-soudanienne (Précipitations 700-900mm)
- A.1.4 Zone sud-soudanienne (Précipitations > 900 mm)

Maroc

- A.1.1 Zone désertique (pluviométrie < 100 mm): pré-Sahara, Sahara, Anti-Atlas oriental, versant sud du Haut Atlas
- A.1.2 Zone des plaines et plateaux arides steppiques (pluviométrie entre 100 et 300 mm): Atlas oriental, Souss, Haouz, plateaux atlantiques arides
- A.1.3 Zone des Montagnes arides (Pluviométrie entre 100 et 300 mm): Haut Atlas oriental et sud, Anti-Atlas occidental
- A.1.4 Zone de grandes cultures des plaines et plateaux semi-arides (Pluviométrie entre

300 et 600 mm): Plaines et plateaux atlantiques, collines du N-O., Rharb, Doukkala, Tadla, basse Moulouya

A.1.5 Zone des Montagnes semi-arides (Pluviométrie entre 300 et 600 mm): Haut Atlas central et occidental+ Prérif et Rif Oriental

A.1.6 Zone humide et subhumide (Pluviométrie > 600 mm): Prérif, Rif occidental et Moyen Atlas

Les technologies de CE qui peuvent être appliquées à diverses ZAE ont reçu un score plus élevé.

Indicateurs pour le critère B

B.1 Type de stockage

B.1.1 In-situ (humidité du sol)

B.1.2 Ex-situ (réservoir)

B.1.3 Eaux souterraines

L'indicateur «stockage de l'eau» est une mesure du potentiel dont dispose chaque technologie de CE pour augmenter le stockage de l'eau au niveau du paysage, c'est-à-dire de sa contribution au cycle hydrologique.

Les trois sous-indicateurs correspondent à l'impact de la technologie de CE sur le stockage de l'eau, c'est-à-dire au type de stockage impliqué:

- Conservation de l'humidité du sol dans la zone racinaire (= dans quelle mesure la technologie de CE contribue à augmenter la capacité de rétention d'eau du sol)
- Stockage de l'eau dans un réservoir ouvert ou fermé (= dans quelle mesure la technologie contribue à recirculer et stocker l'eau dans un réservoir à des fins subséquentes multiples)
- Recharge et stockage de l'eau sous forme d'eaux souterraines (= dans quelle mesure la technologie contribue à infiltrer l'eau sous la zone racinaire pour recharger la nappe).

B.2 Capacité de stockage

Cet indicateur mesure le volume d'eau qui peut être stocké par une technologie particulière de CE. Il ne s'applique qu'au stockage de l'eau dans des réservoirs ouverts ou fermés.

B.3 Qualité du sol

C'est une mesure des impacts positifs de chaque technique sur les propriétés du sol (physiques, chimiques, biologiques) et contre l'érosion du sol.

Indicateurs pour le critère C

C.1 Usages multiples de l'eau

C.1.1 Irrigation

C.1.2 Bétail

C.1.3 Usages domestiques

C.1.4 Environnement

Cet indicateur mesure l'utilisation de l'eau stockée par une certaine technologie de CE. Les techniques contribuant à plusieurs usages ont reçu un score plus important.

C.2 Coûts

Cet indicateur prend en considération les coûts d'investissement, de fonctionnement et d'entretien (souvent exprimés en besoins en main d'œuvre) pour chaque technique et attribue une valeur plus faible aux techniques dont le coût est plus élevé.

C.3 Capacité de gestion et d'entretien

Cet indicateur fournit des indications sur la disponibilité de l'expertise locale et sa capacité à entretenir et gérer les techniques.

C.4 Genre

L'indicateur de genre est une évaluation qualitative des implications des différentes technologies pour les hommes et pour les femmes. Par exemple, les techniques qui augmentent la charge de travail des femmes ou favorisent les hommes plus que les femmes obtiennent des scores inférieurs.

Indicateurs pour le critère D

D.1 Productivité

Cet indicateur mesure l'augmentation quantitative des rendements des cultures par comparaison avec des cultures témoins (mêmes cultures sans l'adoption de la technologie de CE).

D.2 Diversification

Cet indicateur détermine dans quelle mesure la production agricole peut être diversifiée (aussi en introduisant des cultures à plus forte valeur ajoutée) grâce à l'adoption de la technique.

D.3 Rentabilité

Cet indicateur fournit des indications sur le rapport entre les revenus obtenus ou attendus par l'agriculteur (à long terme) et les ressources utilisées pour obtenir ces revenus (coût-bénéfices).

Renforcement de l'efficacité et de la productivité de l'eau à usage agricole à l'échelle africaine et mondiale

Evaluation de la situation, de la performance et de la portée de la collecte de l'eau pour l'agriculture en Ouganda, au Burkina Faso et au Maroc

L'évaluation décrite dans le présent rapport fait partie du projet «Renforcement de l'efficacité et de la productivité de l'eau à usage agricole à l'échelle africaine et mondiale», qui vise à réduire la faim et la pauvreté dans trois pays africains (Burkina Faso, Maroc et Ouganda) en mettant l'accent sur l'amélioration de la GEA et son intégration dans les cadres et processus nationaux. Ce rapport contribue en particulier au résultat 3 du projet: Amélioration de la capacité de collecte de l'eau à usage agricole au Burkina Faso, au Maroc et en Ouganda.

Cette évaluation cible les agents de vulgarisation et les experts techniques travaillant dans le domaine de l'eau à usage agricole. Elle leur donne des indications claires sur la manière d'améliorer la capacité de CE pour la production agricole dans les trois pays de l'étude de cas, ainsi que sur la façon de choisir des techniques de CE réalisables et adaptées pour différentes zones géographiques. C'est une évaluation de la situation, de la performance et de la portée de la CE visant à permettre son amélioration pour l'agriculture dans les trois pays, qui présente un éventail de technologies et précise dans quelle mesure leur application est adaptable et réalisable dans les conditions prévalant dans ces pays.

Ce rapport résume l'évaluation de 42 meilleures pratiques de CE utilisées dans les trois pays de l'étude de cas, réalisée grâce à une analyse multicritères (AMC). Chacune des techniques de CE sélectionnées est déjà largement appliquée ou pourrait l'être en Ouganda, au Burkina Faso et/ou au Maroc.

ISBN 978-92-5-209350-3



9 789252 093503

I5976F/1/10.16



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Swiss Agency for Development
and Cooperation SDC



Spate Irrigation
Network Foundation

AgWA

Partnership for agricultural water for Africa