BMZ

Ministère fédéral de la
Coopération économique
et du Développement

Développeurs d'avenir
Soyons créateurs d'avenir
Ensemble

Bonnes pratiques de CES/DRS. Contribution à l'adaptation au changement climatique et à la résilience des producteurs

Les expériences de quelques projets au Sahel

Publié par: giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Table des matières

1 Introduction 6

2 Contexte historique 8

3 Tendances climatiques et leurs effets 10
3.1 La perspective des climatologues 10
3.2 La perspective des paysans et des éleveurs 11

4 Les mesures d'aménagement susceptibles de contribuer à la résilience 14
4.1 Le fonctionnement des mesures d'aménagement 14
4.2 L'approche de mise en œuvre adoptée par la coopération allemande 16
4.3 Réplication des mesures d'aménagement 18
4.4 Conclusions 19

5 Les principales techniques d'aménagement 20
5.1 Demi-lunes (agricoles, pastorales ou forestières) 20
5.2 Tranchées Nardi 22
5.3 Banquettes agricoles et sylvo-pastorales 25
5.4 Pare-feux 27
5.5 Tranchées manuelles 28
5.6 Digues filtrantes 30
5.7 Fixation des dunes 32
5.8 Cordons pierreux 33
5.9 Diguettes filtrantes 36
5.10 Zaï - Tassa 39
5.11 Bandes enherbées 41
5.12 Apport de matière organique (fumier, compost) 43
5.13 Paillage (mulching) 45
5.14 Régénération naturelle assistée 47
5.15 Seuils d'épandage 49
5.16 Micro-barrages 51
5.17 Périmètres irrigués villageois 54

6 Annexe : Bibliographie 57

Liste des tableaux

Tableau 1 : Perturbations climatiques perçues par des paysans et éleveurs au Niger 12
Tableau 2 : Types de perturbations climatiques ayant des effets directs et exemples de réponses possibles 13
Tableau 3 : Principales étapes des démarches participatives 17

Liste des figures

Figure 1 : L'indice de pluie du Sahel 10
Figure 2 : Schéma d'une toposéquence 15
Figure 3 : Demi-lunes agricoles et sylvo-pastorales 20
Figure 4 : Réalisation et effets des tranchées Nardi 23
Figure 5 : Les banquettes captent les eaux et permettent la récupération des terres dégradées 25
Figure 6 : Etablissement des pare-feux par tracteurs ou gradeur 27
Figure 7 : Conception des tranchées manuelles 28
Figure 8 : Construction des digues filtrantes 31
Figure 9 : Fixation des dunes par des haies vives et clôtures 32
Figure 10 : Construction des cordons pierreux 34
Figure 11 : Cordon pierreux végétalisé 34
Figure 12 : Construction des diguettes filtrantes 37
Figure 13 : Les zaï ou tassa – une technique traditionnelle 39
Figure 14 : Conception des zaï 40
Figure 15 : Les bandes enherbées 41
Figure 16 : Fabrication du compost 44
Figure 17 : Application du fumier dans un champ avec codons pierreux 44
Figure 18 : Paillage des champs 45
Figure 19 : Eléments des seuils d'épandage 49
Figure 20 : Fonctionnement des seuils d'épandage 50
Figure 21 : Effets des seuils d'épandage 50
Figure 22 : Barrages en pierres maçonnées 52
Figure 23 : Construction et exploitation des périmètres irrigués villageois au Mali 55

ACMAD	African Centre of Meteorological Application for Development - Centre africain des applications de la météorologie pour un développement durable
BMZ	Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung - Ministère fédéral allemand de la Coopération économique du Développement
CES	Conservation des eaux et des sols
CILSS	Comité permanent Inter-États de lutte contre la sécheresse au Sahel
CVGT	Comité villageois de gestion du terroir
DMAE	Direction des mesures antiérosives
DRS	Défense et restauration des sols
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations - Organisation des Nations unies pour l'Alimentation et l'Agriculture
FfW	Food for Work - Vivres contre travail
FICOD	Fonds d'Investissement pour les collectivités décentralisées
GIZ	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
HIMO	Haute intensité de la main d'œuvre
IFRC	International Federation of Red Cross and Red Crescent societies -Fédération internationale des Sociétés de la Croix-Rouge et du Croissant-Rouge
IPRO-DB	Projet Irrigation de proximité au Pays Dogon et dans le Bélédougou
IPRO-DI	Irrigation de proximité Delta Intérieur

Récolte du mil © GIZ / Klaus Wohlmann

KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
LUCOP	Programme de lutte contre la pauvreté
NAREN	Sektorprogramm Nachhaltige Ressourcennutzung in der Landwirtschaft - Programme sectoriel d'exploitation durable des ressources naturelles dans l'agriculture
ONG	Organisation non gouvernementale
PASP	Projet de protection intégrée des ressources agro-sylvo-pastorales Tillabéri-Nord
PATECORE	Projet d'aménagement des terroirs et de conservation des ressources
PDRT	Projet de développement rural de Tahoua
PGRNG	Programme de gestion de ressources naturelles par aménagement des bassins versants dans la wilaya de Guidimakha
p/j	Personne/jour
PMAE	Programme Mesures antiérosives
PMN	Programme Mali Nord
PRA	Participatory Rapid Appraisal - Méthode accélérée de recherche participative
PRBP	Projet de réhabilitation des barrages et pistes
RNA	Régénération naturelle assistée
PRESAO	Prévision saisonnière pour l'Afrique de l'Ouest
RNA	Régénération naturelle
SDR	Stratégie de développement rural
SIFEE	Secrétariat international francophone pour l'évaluation environnementale
SMEV	Schéma directeur de mise en valeur des ressources naturelles
SNRD	Sector Network Rural Development Africa - Réseau sectoriel de développement rural en Afrique

1 Introduction

Le Sahel est une région où les populations sont confrontées depuis toujours à une forte variabilité climatique. Cette variabilité climatique se manifeste dans l'espace (la répartition des pluies peut considérablement varier entre différentes régions) et dans le temps (des périodes de sécheresse peuvent se manifester de façon irrégulière pendant la saison pluvieuse).

Depuis ces deux dernières décennies, les effets du changement climatique viennent exacerber ces conditions difficiles. Selon les projections des climatologues, le Sahel sera confronté à une hausse des températures associée à une forte variabilité des précipitations et à une tendance aux évènements extrêmes.

Le Ministère fédéral de la Coopération économique et du Développement (BMZ) à travers la coopération allemande soutient les populations du Sahel pour le développement de stratégies et d'approches techniques, environnementales et agricoles depuis les années 80 et 90. La gestion durable de l'environnement et l'aménagement des différentes unités du paysage ont été basés sur des techniques nommées *CES – Conservation des eaux et des sols* et DRS - *Défense et restauration des sols*.

Ces techniques CES/DRS ont permis aux populations de gérer leurs écosystèmes et d'aménager leurs espaces de production. Cela a contribué à mieux préparer les populations aux changements environnementaux (changements climatiques, dégradation des terres) et aux chocs, et notamment aux sécheresses.

La présente étude a pour but de présenter les bonnes pratiques en matière de conservation des eaux et des sols (CES) et de défense et restauration des sols (DRS) du point de vue de leur contribution à la réduction de la vulnérabilité des populations et à l'accroissement de la résilience des systèmes agro-sylvo-pastoraux[1]. Elle a été réalisée à la suite à une initiative du groupe de travail *Gouvernance des ressources naturelles* du réseau sectoriel de développement rural en Afrique (*Sector Network Rural Development Africa* - SNRD) et a été financée par différents projets sectoriels[2] de la GIZ[3].

Vulnérabilité :

La **vulnérabilité** décrit la sensibilité des individus, ménages et groupes sociaux a des chocs et crises externes (écologiques, macro-économiques et politiques) ou a des menaces internes.

Elle est constituée par trois composants: (i) l'**exposition** et (ii) la **sensitivité** à des perturbations / au stress ainsi que (iii) **les capacités de les surmonter**.
L'exposition à la vulnérabilité dépend toujours de l'exposition d'un groupe au stress / aux perturbations. Elle est fortement lié aux aspects structurels, socioculturels et individuels (ethnie, sexe, âge).

La **sensitivité** représente le degré auquel un système est affecté par des perturbations.

Les individus, ménages et groupes sociaux disposent en général de **stratégies pour surmonter de crises (coping strategies)**. Ces stratégies contribuent a la **résilience** face aux chocs et crises.

La vulnérabilité des individus, ménages et groupes sociaux se manifeste toujours a l'égard d'une menace et non de façon générale.

Les mesures présentées dans le cadre de cette étude font partie de mesures conçues, développées et propagées depuis les années 1980 dans le cadre de projets et programmes de lutte contre la désertification et de gestion des ressources naturelles. Toutes les techniques de lutte contre l'érosion, de récupération et de restauration des terres dégradées ainsi que de captage des eaux de crue ont fait leurs preuves à grande échelle.

1 Agro-sylvo-pastoral = agricole, forestier et pastoral
2 Les projets ayant financé cette étude sont les suivants : « Gestion durable des ressources dans l'agriculture (NAREN) », « Développement territorial en milieu rural » et « Lutte contre la désertification (CCD) ».
3 Cette publication est éditée par Ackermann, Klaus; Schöning, Alexander; Wegner, Martina et Wetzer, Andrea

Le seuil d'épandage facilite l'approvisionnement en eau et fait augmenter la fertilité du sol © GIZ / Klaus Wohlmann

L'étude capitalise les expériences de la coopération allemande[4] au Niger, au Burkina Faso (mesures de CES/DRS) et au Mali (petite irrigation)[5]. Les chapitres 2 et 3 présentent le contexte historique dans lequel les techniques ont été mises au point au Sahel, les acquis ainsi que les enjeux liés au changement climatique. Le chapitre 4 traite d'aspects généraux liés aux mesures de CES/DRS dans l'approche d'aménagement des bassins versants, le chapitre 5 est consacré à la présentation de dix-sept techniques sélectionnées de restauration et de protection des sols et d'aménagement des bas-fonds.

4 GTZ, KfW, DED

5 Au Niger, il s'agit du projet « Protection intégrée des ressources agro-sylvo-pastorales Tillabéri Nord (PASP) » et du projet « Développement rural de Tahoua (PDRT) » dont les activités se poursuivent aujourd'hui dans le programme « Lutte contre la pauvreté (LUCOP) ». Au Burkina Faso, il s'agit du projet « Aménagement des terroirs et de conservation des ressources dans le Plateau Central (PATECORE) ». Au Mali, ce sont le projet « Réhabilitation des barrages et pistes (PRBP) » et le « Programme Mali Nord (PMN) », dont les activités sont aujourd'hui poursuivies par les projets « IPRODI » et « IPRO-DB » dans le cadre du programme d'irrigation de proximité.

2 Contexte historique

La majorité des techniques d'aménagement des sols présentées dans cette étude ont été développées dans les années 1970 et 1980, en réponse à des crises humanitaires et écologiques s'accompagnant de famines sévères et de pertes importantes d'espaces agricoles, pastoraux et sylvicoles (servant de sources d'approvisionnement en bois et en fourrage et de réservoirs de biodiversité).

Ces crises au Sahel étaient dues à un amalgame de facteurs et de dynamiques humaines et naturelles ainsi qu'à des changements politiques, dont notamment :

- une période de pluviométrie très basse dans la période allant de 1970 à 1990 ;
- une croissance démographique de plus de 3 % dans la plupart des pays sahéliens qui a exercé une forte pression sur les ressources naturelles (raccourcissement ou disparition des jachères, baisse des rendements, extension des espaces occupés par des habitations) ;
- une extension des superficies agricoles avec comme conséquence la disparition de la végétation arborée et herbacée et une dégradation des sols due aux effets de l'érosion hydrique et éolienne ;
- des pratiques culturales non adaptées à l'évolution des conditions de milieu et accélérant certaines phénomènes d'érosion ;
- une extension des sols dénudés et encroûtés sur les espaces non agricoles se traduisant par une baisse de la production de bois (de chauffe) et de fourrage ;
- une perte de connaissances locales sur les pratiques de conservation des sols ;
- la suppression des services fournis par l'État par suite des ajustements structurels comme les services de santé animale et la vulgarisation agricole, l'approvisionnement en intrants et la protection des végétaux.

Dans la zone couverte par les activités du programme allemand au Burkina Faso (PATECORE) par exemple, 25 % des familles ont quitté leurs villages entre 1975 et 1985 suite aux sécheresses. On a constaté que 20 t/ha de sols étaient perdues en moyenne par an, que l'extension des superficies dénudées et dégradées s'accélérait et que les nappes phréatiques baissaient d'un mètre par an[6].

Les projets étudiés dans le cadre du présent rapport ont réalisé des mesures d'aménagement à grande échelle. Le PATECORE, au Burkina Faso, a aménagé environ 100 000 ha, en général des terres agricoles, notamment avec des cordons de pierre, des diguettes et des digues filtrantes. Le PDRT et le PASP sont intervenus sur les parcours collectifs situés sur des plateaux et des pentes ainsi que sur les terres agricoles avec des cordons pierreux, des zaï, des tranchées Nardi et manuelles, des demi-lunes et d'autres techniques sur une superficie d'environ 125 000 ha en ce qui concerne le PDRT et de plus de 500 000 ha en ce qui concerne le PASP. Le PRBP au Mali a construit environ 80 petits barrages et le PMN a aménagé environ 13 000 ha de surfaces irriguées sur des périmètres villageois irrigués et dans des mares aménagées.

Les projets avaient initialement été organisés sous forme de structures « autonomes » collaborant avec les services de l'État. La plupart des activités ont, au début, été exécutées par le personnel des projets qui disposaient d'importantes unités logistiques et de leurs propres équipements et moyens de transport. Le terroir était l'unité de base des interventions qui avaient recours à une approche simplifiée de la planification spatiale et des organisations de gestion du terroir. Par la suite, les projets ont de plus en plus travaillé avec des prestataires locaux (transporteurs, bureaux d'études, ONG) pour exécuter une partie des travaux et en impliquant les communes dans la planification et le suivi des mesures.

Selon le contexte prévalant dans leurs zones d'intervention, ces projets ont, en collaboration avec les bénéficiaires, conçu et développé une large gamme de mesures d'aménagement. La réalisation de ces mesures s'est accompagnée d'une planification participative et d'une participation active des bénéficiaires à toutes les étapes. Des conventions locales servant de base à la gestion des ressources communautaires à l'échelle villageoise ou intervillageoise ont été élaborées.

6 Source : divers rapports annuels du PATECORE

Le bilan des projets en termes de dégradation de l'ensemble de leur zone d'intervention montre que le processus de dégradation a pu être freiné sur des vastes superficies, mais qu'un renversement global de la dégradation n'a pas eu lieu, ce qui ressort d'une étude diachronique à base d'images satellitaires réalisée pour les zones du PDRT et PASP (Kusserow, 2010). Néanmoins, Chris Rej (2009) démontre que les villages ayant investi dans la récupération des terres dégradées disposent d'une meilleure capacité de surmonter les périodes de crise : la cueillette des fruits et le ramassage du bois servent directement à la survie du ménage.

En conclusion, le bilan des projets par rapport à l'atténuation de la vulnérabilité et à l'augmentation de la résilience des populations est important. Selon Kaboré & Reij (2004), les aménagements ont permis aux producteurs agricoles d'accroître leurs rendements, de réintégrer des arbres dans le système agricole et d'intensifier l'élevage. Les investissements énormes des projets et de la population dans le capital productif de leurs terres ont abouti à une intensification générale de l'agriculture. L'approvisionnement en eau a pu être facilité grâce à des aménagements favorisant l'infiltration des eaux et la réalimentation des nappes phréatiques.

Le vent sépare le grain du millet de la glume © GIZ / Klaus Wohlmann

3 Tendances climatiques et leurs effets

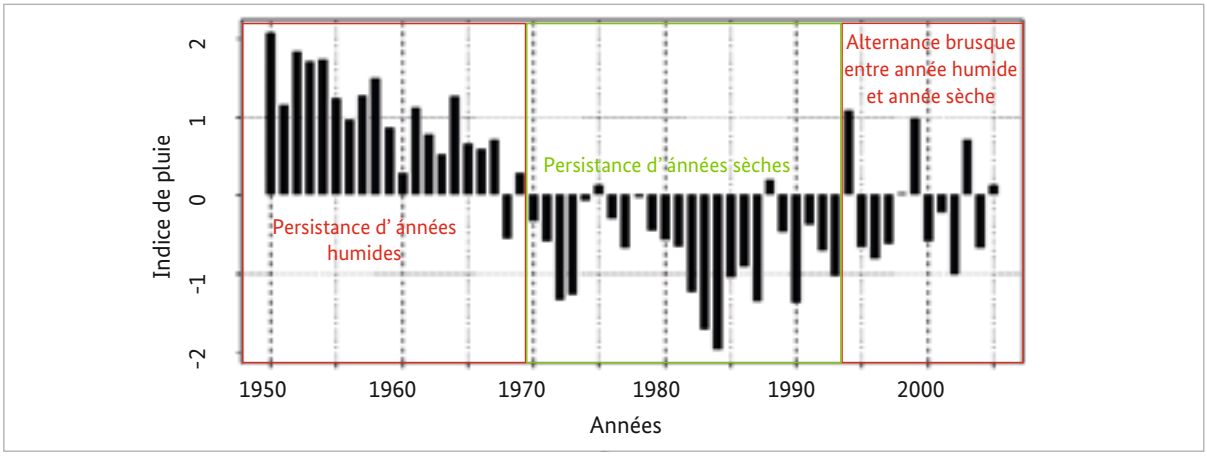
3.1 La perspective des climatologues

Le Sahel a été toujours une zone de haute variabilité climatique au cours d'une même année de même qu'entre les années et entre différentes zones. Des analyses météorologiques effectuées depuis 1920 ont montré qu'il existait différentes phases pluviométriques pour le Sahel et qu'il y avait une tendance à la migration des isohyètes d'environ 200 km vers le Sud.

Une analyse de l'indice de pluie du Sahel[7] révèle les périodes climatiques suivantes (voir diagramme ci-dessous) :

1. 1950 –1968 : une période humide avec une variabilité interannuelle et avec une tendance dégressive ;
2. 1968 – 1993 : une période sèche avec une grande variabilité interannuelle ;
3. 1993 – 2006 : une période de très haute variabilité interannuelle avec des années humides suivies d'années déficitaires.

Figure 1 : L'indice de pluie du Sahel



Source : Sarr & N'Djafa Ouaga (2009)

L'alternance brusque entre les années humides et sèches augmente la probabilité des sécheresses et des inondations.

Quant à la température, l'Afrique de l'Ouest a connu un réchauffement moyen de l'ordre de 0,5 à 0,7 °C entre 1951 et 2001 avec une augmentation de la température minimale d'environ 0,7 °C et de la température maximale de 0,35 °C (Sarr & N'Djafa Ouaga, 2009).

Ces changements climatiques augmentent les risques pour les systèmes agro-sylvo-pastoraux du Sahel déjà gravement affectés par la dégradation des terres et de la végétation et par la pression démographique croissante. Le changement climatique fait que la gestion de l'eau dans l'agriculture est de plus en plus compliquée pour les paysans (Kunze, 2001).

7 Les valeurs positives indiquent les années de pluviométrie supérieure à la moyenne dans la période 1950– 2006 et les valeurs négatives indiquent les années de pluviométrie inférieure à cette moyenne

Les modèles climatiques du GIEC[8] sont limités dans leur capacité de transcrire le climat du Sahel. Particulièrement en ce qui concerne les précipitations, des incertitudes subsistent. Quelques modèles climatiques estiment que les effets sur la pluviosité tendent tantôt à augmenter, tantôt à diminuer. En ce qui concerne la hausse des températures moyennes, les climatologues sont unanimes pour affirmer que la température au Sahel augmentera de 3,5 °C d'ici à 2050.

Pour une projection climatique plus précise, on manque de modèles climatiques régionaux reconnus pouvant servir de base aux décisions politiques concernant une adaptation de tous les secteurs (agriculture, élevage, gestion de l'eau, santé, transport, etc.). À défaut de modèles climatiques propices, Hiernaux (2010) propose de s'inspirer des scénarios du passé pour développer de nouveaux scénarios valables pour les deux prochaines décennies et partant d'une augmentation de la température de 1,5° C d'ici à 2020.

Scénarios (selon Hiernaux, 2010) :

Scénario 1 : maintien de la situation qui prévaut depuis 1991, c'est-à-dire de forte et brusque variation d'une année à l'autre avec une saison culturale de 90 jours.
Scénario 2 : période humide comparable à ce que la région a connu entre 1950 – 1967 avec une saison culturale de 90 à 120 jours.
Scénario 3 : Période sèche comparable aux années comprises entre 1968 et 1990 avec une saison culturale de 60 – 90 jours.

À défaut d'autres projections valables pour la zone du Sahel, la présente étude a analysé chaque technique d'aménagement en fonction de son éventuel comportement dans les trois scénarios.

Dans ce contexte d'incertitude, les mesures d'aménagement sont des mesures « sans regrets » qui luttent contre la dégradation des sols, visent une meilleure gestion de l'eau et optimisent l'efficience de l'agriculture ou de l'élevage en permettant, le cas échéant, aux producteurs de mieux s'adapter aux évolutions climatiques.

Mesures sans regrets :

Une mesure prise avec des bénéfices immédiats pour d'autres raisons que le changement climatique, mais ayant quand même des effets positifs par rapport au changement climatique.

Source : Klein (2003) : 14

3.2 La perspective des paysans et des éleveurs

Indépendamment des analyses scientifiques, les paysans et les éleveurs ont leurs propres perceptions des effets du changement climatique en cours et observés depuis quelques décennies. Le tableau 3 montre les résultats d'une enquête menée sur la perception du changement climatique (Amoukou, 2009).

8 ACMAD, Niger, a analysé 23 modèles climatiques pour le Sahel, parmi lesquels 5 se sont avérés propices pour traduire le climat du Sahel de façon satisfaisante. Ces 5 modèles ne sont pas considérés jusqu'ici par le GIEC. Source : Communication lors du Colloque SIFEE du 26 au 29.05.09 à Niamey, Niger

Tableau 1 : Perturbations climatiques perçues par des paysans et éleveurs au Niger

Domaines	Perceptions des paysans et éleveurs par rapport au changement
Pluviométrie	• Démarrage fluctuant de la saison de pluies ; • Arrêt précoce des pluies ; • Réduction de la saison des pluies d'au moins 4 – 6 semaines ; • Raréfaction des pluies hors saison (comme les « pluies de mangues ») ; • Séquences sèches au début et au milieu de la saison supérieures à 15 • jours et parfois jusqu'à 45 jours ; • nombre de jours de pluie est à la baisse et mal réparti ; • Baisse des pluies en volume et en intensité ; • Raréfaction des grosses pluies.
Vents	• Vents forts et très poussiéreux durant toute la saison ; • Diminution de la mousson en saison hivernale.
Température	• Hausse des températures ; • Il fait chaud durant toute l'année.

Si certaines des observations locales sont conformes aux analyses scientifiques comme la hausse de la température, d'autres comme la baisse du volume total de la pluie s'avèrent ne pas être toujours statistiquement correctes. On constate que les paysans se réfèrent beaucoup plus aux perturbations insidieuses qu'aux évènements climatiques extrêmes qui entraînent soit des inondations soit des sécheresses sévères.

Selon les informations fournies par l'*African Center of Meteorological Application for Development* (ACMAD), il n'y a pas encore de définition claire des évènements climatiques extrêmes comme, par exemple, des pluies fortes pour la région de l'Afrique de l'Ouest. Cela s'explique par le fait que l'incidence des pluies peut varier selon les zones. Une pluie de 20 mm dans une zone aride qui ne reçoit habituellement pas plus de 80 mm par an peut avoir des effets néfastes. Néanmoins, les experts sont unanimes pour constater une augmentation de la fréquence des événements climatiques extrêmes au Sahel. En 2009, on a également constaté que des inondations se produisant dans certaines zones de la sous-région ouest-africaine coïncidaient avec des sécheresses dans les zones voisines, ce qui est un phénomène nouveau jamais enregistré jusque-là.[9] Les observations locales sont désormais considérées comme étant très importantes, car elles permettent d'anticiper des goulets d'étranglement pour les producteurs et productrices, ce qui facilite l'élaboration de stratégies d'adaptation.

La GIZ a développé le « climate proofing » pour analyser les effets du changement climatique dans les zones d'intervention de ses projets et programmes et pour définir des mesures appropriées d'adaptation au changement climatique. Les catégories de perturbations climatiques suivantes sont souvent perceptibles (Tableau 2).

« Climate proofing »

Le « Climate proofing » est un outil développé par la GIZ qui offre un cadre méthodologique pour faciliter l'analyse systématique des effets du changement climatique, leur identification et l'intégration des mesures d'adaptation correspondantes dans les plans, programmes et stratégies de développement (p.ex. nationaux, sectoriels et communautaires).

Les résultats du « Climate proofing » dans plusieurs pays ont démontré le rôle fondamental des mesures de CES/DRS pour augmenter la résilience des systèmes agro-écologiques aux effets du changement climatique. Dans un contexte rural, le choix des acteurs concernés au niveau des communes, des investissements sectoriels ou des projets de développement a incité à intégrer de façon systématique les mesures de CES/DRS dans la gamme des interventions.

9 Information de l'IFRC lors du PRESAO 13.

Tableau 2 : Types de perturbations climatiques ayant des effets directs et exemples de réponses possibles

Perturbations	Effets directs	Réponses possibles
• Début fluctuant de la saison de pluies ; • Arrêt précoce des pluies ; • Réduction de la saison des pluies d'au moins 4 – 6 semaines.	→ Raccourcissement de la saison pluviale ↓ ↓ Certaines variétés locales de mil ne bouclent plus leur cycle	Recherche et sélection des variétés de cycle court ;
• Séquences sèches fréquentes et prolongées (supérieures à 15 jours, allant parfois jusqu'à 45 jours) ; • Le nombre de jours de pluie est à la baisse ; • Raréfaction des grosses pluies ; • Arrêt précoce	→ Mauvaise répartition des pluies ↓ ↓ Diminution / manque d'eau pour les végétaux dans les stades critiques du cycle de végétation ↓ ↓ Augmentation du stress pour les végétaux	Recherche et sélection de variétés encore plus résistantes aux séquences de sécheresse.
		Semis d'une plus grande gamme de variétés ayant des cycles divers et augmentation de diversité variétale.
		Augmentation de l'eau disponible par des techniques de CES/DRS.
• Vents forts et très poussiéreux durant toute la saison ;	→ Augmentation de l'évaporation de l'eau → Ensablement des plants ↓ ↓ Re-semis multiples	Reverdissement (arbres) des champs et des espaces pastoraux ; Brise-vents / haies vives.
• Hausse des températures ;	→ Augmentation de la température du sol → Augmentation de l'évaporation de l'eau ↓ ↓ Stress hydrique des plantes	Reverdissement (arbres) des champs et des espaces pastoraux ; Paillage / mulching ; Agriculture de conservation (*« zéro labour ou labour minimal »*).
• Pluies fortes et violentes ;	→ Fort ruissellement des eaux pluviales avec érosion hydrique ↓ ↓ Inondations qui, selon la période du cycle de végétation, peuvent entraîner différentes formes de dégâts	**Protection des surfaces du risque d'érosion hydrique par des mesures de CES/DRS.**

Le tableau se limite aux solutions agronomiques. D'autres stratégies propres aux paysans et éleveurs ne sont pas intégrées. Loin d'être exhaustive, cette vue d'ensemble démontre cependant la contribution que peuvent avoir les mesures d'aménagement, surtout par rapport aux poches de sécheresse et à l'arrêt précoce des pluies à la fin de la saison de même que comme mesure de protection contre des pluies fortes. Le tableau montre également qu'il n'existe pas un seul remède, mais qu'il est nécessaire d'appliquer une gamme de mesures pour atténuer les effets des perturbations.

4 Les mesures d'aménagement susceptibles de contribuer à la résilience

4.1 Le fonctionnement des mesures d'aménagement

Les mesures de CES/DRS visent plusieurs buts à la fois : (i) une meilleure gestion de l'eau, (ii) l'augmentation de la productivité des espaces agricoles, sylvicoles et pastoraux et (iii) une gestion durable sur le plan environnemental, social et économique. Les objectifs au niveau des bénéficiaires sont une amélioration de la sécurité alimentaire grâce à une sécurisation, augmentation et diversification de la production, ce qui leur permet de mieux subsister pendant la période de soudure. Les revenus sont plus diversifiés et augmentent, ce qui a des effets sur la réduction de la pauvreté. Sur le plan social, elles visent à améliorer l'organisation et les capacités des populations rurales ainsi qu'à favoriser une utilisation rationnelle et à prévenir les conflits pour les ressources naturelles. Elles contribuent au rehaussement des nappes phréatiques et facilitent l'accès de la population et du bétail à l'eau. Sur le plan environnemental, elles améliorent l'écologie des espaces aménagés en protégeant les terres contre l'érosion, en augmentant la fertilité et préservant la biodiversité.

Ainsi, les mesures de CES/DRS stabilisent les bases d'existence des populations, diminuent leur vulnérabilité aux chocs externes tels les changements climatiques et contribuent à renforcer la résilience.

L'aménagement des terres par des mesures de CES/DRS s'appuie sur les unités topographiques de l'ensemble d'un bassin versant qui, de façon générale, sont formées de plateaux, de pentes, de glacis et de bas-fonds (Figure 2). Les différentes unités topographiques correspondent à différents types de sols, de végétation et d'utilisation et sont souvent exploitées par des utilisateurs variés et sur la base de régimes fonciers différents.

Les plateaux sont des terres collectives formées de sols caillouteux, peu profonds et peu fertiles. Ils sont utilisés pour le pâturage, la collecte de bois et de paille, la cueillette de fruits, d'écorces et d'autres produits secondaires. Du fait de leur utilisation abusive, les terres et la végétation des plateaux se trouvent souvent dans un état de dégradation élevée.

Sur les pentes, on trouve également des sols caillouteux et peu profonds avec une végétation herbacée et arbustive. Les eaux de ruissellement sur les plateaux et les fortes pentes forment des ravins et provoquent des glissements de terrain à l'origine de la forte dégradation des versants. L'utilisation collective de ces parcours comme pâturages pour le bétail revêt un intérêt limité.

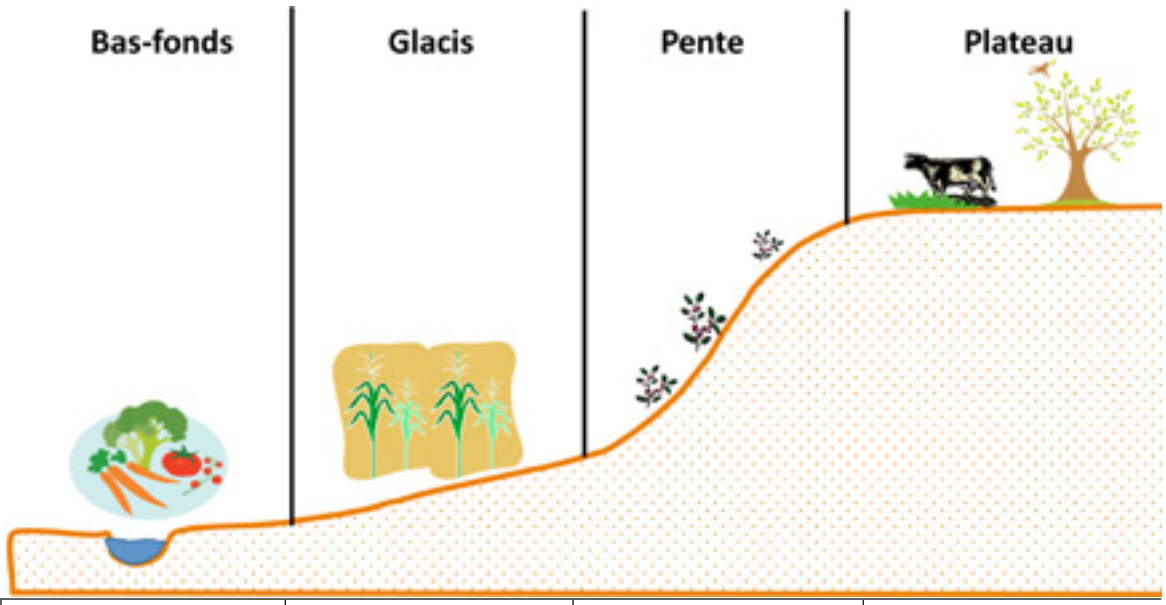
Les glacis se trouvent dans les piedmonts des plateaux qui ont des sols plus profonds, sont à faible pente et sont plus fertiles. Ils représentent la principale zone de cultures pluviales. Les terres sont gérées individuellement par les exploitants qui les consacrent à la production vivrière. La paille sert de fourrage pour le bétail pendant la saison sèche. Les sols sont menacés par l'érosion en nappe et, à cause du ruissellement superficiel sur les plateaux et les pentes, également par la formation de ravins.

Les bas-fonds sont les terres profondes les plus fertiles du fait des apports de fertilisants en amont. Les bas-fonds sont réservés aux cultures irriguées pendant la saison des pluies. Pendant la saison sèche, les nappes phréatiques peu profondes servent à l'irrigation des cultures de subsistance et de rente de contresaison. Les terres des bas-fonds sont gérées individuellement avec parfois des parcours communautaires pour le bétail. Les bas-fonds sont fortement menacés par l'écoulement concentré des zones situées en amont qui, d'un côté, charrie des sédiments fertilisants, mais de l'autre peut causer un fort ravinement et un ensablement des terres et des infrastructures hydro-agricoles.

Il n'y a pas de solutions techniques universelles, mais les mesures sont choisies selon l'unité topographique et les utilisations ultérieures. Au niveau du bassin versant, il s'agit de choisir une combinaison de techniques et de méthodes qui, non seulement sont adaptées au contexte agro-écologique spécifique (pluviométrie, topographie, nature et structure du sol, caractère de la dégradation, couverture végétale, influence du bassin-versant, etc.) mais qui sont également faisables et à la portée des producteurs et productrices et qui ont des effets directs significatifs. Le fonctionnement des mesures de CES/DRS est relativement simple. L'écoulement des eaux pluviales est freiné ou stoppé, ce qui favorise l'infiltration de l'eau dans le sol.

La perte de sols et de fertilisants (fumier, engrais) est ainsi réduite et les plantes (cultivées ou sauvages) disposent ainsi de quantités d'eau plus importantes. L'eau infiltrée est stockée dans le sol ou drainée en profondeur et elle alimente la nappe phréatique qui peut augmenter de plusieurs mètres.

Figure 2 : Schéma d'une toposéquence



	Bas-fonds	Glacis	Pente	Plateau
Sols	Sols fertiles alluviaux	Sols profonds, assez fertiles, colluviaux	Sols caillouteux, peu profonds (ou sols sableux en cas de fixation de dunes)	Sols peu fertiles, peu profonds, affleurement des curasses, zones stériles encroutées.
Utilisation	Terres individuelles avec : • cultures irriguées, • maraîchage Zones de parcours collectifs / abreuvement	Terres individuelles occupées par des cultures pluviales	Terres collectives avec quelques pâturages	Terres collectives avec : • pâturage • collecte de bois et produits divers (fruits, pharmacopée)
Risques	Ravinement Ensablement Inondations	Ravinement Érosion en nappe	Ravinement Glissement de terrains	Érosion en nappe Ravinement Érosion éolienne
Mesures de CES/DRS	Seuils d'épandage Micro-barrages Périmètres villageois Régénération naturelle assistée Digues filtrantes Cordons pierreux	Cordons pierreux Diguettes filtrantes Zaï, fumier/compost Paillage Bandes enherbées Digues filtrantes	Tranchées manuelles Digues filtrantes Cordons pierreux Fixation des dunes	Demi-lunes Tranchées Nardi Banquettes (Pare-feux)

4.2 L'approche de mise en œuvre adoptée par la coopération allemande

L'expérience montre que la mise en œuvre de mesures de CES/DRS exige une forte implication des populations bénéficiaires et des acteurs gouvernementaux, non gouvernementaux et privés concernés, ainsi qu'une démarche participative. Les étapes majeures entamées sont présentés ci-dessous (Tableau 3).

Une étape cruciale est le diagnostic du bassin versant ou du terroir à aménager avec la participation des différents usagers du bassin et, si nécessaire, avec celle des usagers limitrophes en aval. Cette démarche renseigne sur l'existence éventuelle de conflits fonciers concernant en particulier les surfaces frontalières entre villages ou sur les intérêts divergents dont certaines surfaces ou ressources naturelles stratégiques font l'objet.

Alors que la planification conjointe est relativement facile lors de l'aménagement de terres individuel, l'aménagement de surfaces communautaires implique des connaissances sur le foncier, des réflexions, des négociations et des accords arrêtés (conventions) sur la future utilisation et mise en œuvre de ces espaces. Cela est particulièrement valable en ce qui concerne les espaces à vocation pastorale et sylvicole qui ne peuvent être exploitées que quelques années après leur restauration. Dans ces cas, il est nécessaire de bien définir les responsables de l'entretien et de la surveillance de ces terres durant les premières années ainsi que les bénéficiaires et le mode d'exploitation des ressources sur ces terres lorsqu'elles sont en état d'être exploitées. Les résultats de ce processus de réflexion et de prise de décisions consensuelles sont documentés dans une convention locale qui décrit les règles de mise en valeur, d'entretien et d'exploitation des terres collectives après aménagement.

Il existe plusieurs instruments pour planifier les aménagements. On utilise souvent des photos aériennes ou satellitaires ou encore des cartes thématiques pour garantir que tous les acteurs disposent des mêmes éléments d'information sur la zone. Les producteurs choisissent des mesures de CES/DRS appropriées à chaque unité paysagique en fonction des problèmes d'érosion hydrique ou éolienne, de la « glacification » des terres, du ravinement, des dégradations des bas-fonds et des mares etc.

Le diagnostic est suivi par l'élaboration des schémas d'aménagement (Box 1) et la planification annuelle ou pluriannuelle des mesures de CES/DRS à mettre en œuvre. Il est important que ces schémas d'aménagement s'insèrent dans d'autres plans d'aménagement du territoire, tels que des plans de développement communaux ou régionaux.

L'organisation interne des bénéficiaires revêt une importance cruciale pour la réalisation des aménagements. Le degré d'organisation nécessaire est fonction de la complexité et de l'envergure des mesures à mettre en œuvre. La construction d'ouvrages communautaires complexes, comme les seuils d'épandage ou les barrages par exemple, exige un degré d'organisation interne plus poussé que l'aménagement de cordons pierreux sur des champs individuels. Les projets étudiés ont travaillé avec des comités d'usagers villageois ou inter-villageois organisés de différentes façons. L'approche a fait l'objet d'une intense promotion afin de créer des institutions de développement local pérennes au niveau des villages, des bassins versants ou, plus récemment, des communes.

Au Niger, par exemple, le texte portant création des « Organisations villageoises de gestion des terroirs » a été préparé, mais sa publication coïncidait avec le processus de décentralisation engagé vers la fin des années 90. Des communes ont été mises en place et les bailleurs se sont alignés sur la décentralisation. Il n'y a malheureusement guère eu de transfert des savoirs ou approches de gestion entre les anciennes structures de gestion des terroirs et les nouvelles communes.

Box 1 : Schémas de mise en valeur des vallées (SMEV) au Niger

Un Schéma de mise en valeur des vallées (SMEV) est un document de planification qui intègre des aspects de la mise en valeur d'un bassin versant dans un plan global. Il comprend les types d'utilisation des terres, les rapports juridiques concernant la propriété, l'infrastructure et les règles d'accès aux ressources. Il contient un plan d'action à moyen terme avec des mesures visant à améliorer l'ensemble du secteur.

Lors de l'élaboration d'un SMEV, la situation de départ est analysée avec la participation de tous les acteurs. Une vision commune et les actions nécessaires pour y parvenir sont établies dans un deuxième temps. Des représentants des nouvelles commissions du droit foncier, des conseillers municipaux, des représentants des villages concernés et de tous les groupes d'utilisateurs de la vallée ainsi que les agences étatiques de planification sectorielle sont présents lors des travaux.

Les avantages d'un SMEV résident dans le degré élevé d'appropriation et d'acceptation du plan grâce à l'élaboration participative, au renforcement des capacités et à l'implication de tous les participants. Le rôle des commissions du droit foncier, qui sont encore mal établies, a été renforcé. Cependant il existe aussi des inconvénients : d'une part, l'élaboration des SMEV est coûteuse et, d'autre part, les SMEV ne sont pas encore reconnus comme une méthode officielle de planification de l'utilisation des terres au Niger. Actuellement, le gouvernement du Niger est en train d'harmoniser diverses approches de planification territoriale afin de définir une approche formelle.

Illustration : Schéma d'exploitation des terres pour le bassin versant de Guidoma dans la commune d'Affala au Niger

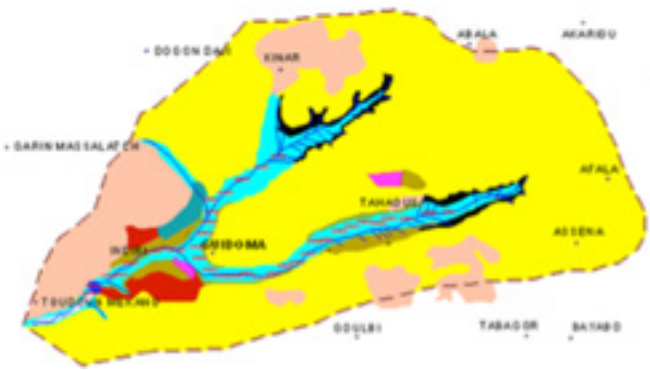


Tableau 3 : Principales étapes des démarches participatives

- Introduction (information, sensibilisation) ;
- diagnostic participatif sur le terroir (PRA, interprétation de photos aériennes ou photos satellites, cartographie participative et parfois digitale) ;
- clarification des limites des terroirs avec les villages voisins ;
- planification annuelle ou pluriannuelle ;
- organisation de la gestion du terroir ;
- appui à la mise en œuvre des aménagements ;
- auto-évaluation annuelle et re-planification ;
- renforcement et reconnaissance juridique des structures villageoises de gestion des ressources naturelles ;
- conventions locales pour la gestion des terres collectives aménagées.

Les projets qui se sont alignés sur la décentralisation tendaient à confier la maîtrise d'ouvrage et la responsabilité de l'entretien aux communes : depuis leur création, les communes jouent le rôle de maîtres de l'ouvrage lors de la mise en œuvre d'aménagements complexes. C'est à elles qu'il appartient de présider le processus de planification, d'identification et de sélection des unités à aménager jusqu'à la réalisation des ouvrages.

La formation et l'accompagnement de l'organisation locale est tout aussi nécessaire que lorsqu'il s'agit de grands ouvrages communautaires exigeant de l'entretien régulier et des fonds pour d'éventuelles réparations. L'instauration de fonds d'entretien au niveau des comités d'usagers ou de la commune n'a pas encore abouti à des résultats satisfaisants et les efforts visant à développer des formules plus opérationnelles se poursuivent.

4.3 Réplication des mesures d'aménagement

Des évaluations ex-post des projets ont montré que les ouvrages de CES/DRS ont, dans la majorité des cas, été bien entretenus et que des mesures de mise en valeur ont été adoptées à titre d'accompagnement dans presque tous les cas. Néanmoins, la réplication par les paysans des mesures de CES/DRS sur d'autres espaces non encore aménagés est restée largement en-deçà des attentes.

La réplication limitée des mesures de CES/DRS à l'initiative des paysans freine leur diffusion à grande échelle. Elle concerne des mesures physiques comme les cordons pierreux, les diguettes filtrantes, les tranches manuelles ou demi-lunes, qui n'exigent pas obligatoirement un appui externe comme les grands ouvrages. Les aménagements plus importants des bas-fonds, comme les seuils ou les micro-barrages, ne peuvent qu'être entretenus et mis en valeur par les paysans, le volume des investissements n'étant pas à la portée des producteurs.

Les stratégies de désengagement supposent que les méthodes de CES/DRS soient suffisamment rentables pour inciter les producteurs à poursuivre les aménagements par leurs propres moyens. Force a été de constater cependant qu'une minorité de producteurs seulement continuent de mettre des mesures en œuvre sans appui extérieur. Un sondage effectué au Niger en 2009 a montré que ce faible engagement en l'absence de l'appui d'un projet n'était pas un problème de manque de connaissances ; la plupart des producteurs confirment avoir une bonne maîtrise des méthodes de CES/DRS. Il existe plusieurs raisons pouvant expliquer ce phénomène :

- l'approche « Vivres contre travail » utilisée par une partie des projets est une incitation pour gagner de l'argent, mais a également un effet de démobilisation quand il s'agit de poursuivre les activités de façon autonome dès lors que cesse le financement externe ;

Processus de planification participative avec la population locale © GIZ / Klaus Wohlmann

- des besoins immédiats ou le manque de garantie des droits fonciers peuvent empêcher les producteurs de réaliser des investissements de longue durée ;
- la complexité technique de certaines mesures : les mesures exigeant un niveau élevé d'ingénierie (digues filtrantes, seuils, barrages) nécessitent un appui extérieur ;
- les mesures de CES/DRS qui nécessitent une grande mobilisation logistique ou financière ne sont pas faciles à organiser sans l'appui d'un projet ou d'un partenaire. Il s'agit surtout des aménagements qui nécessitent le transport de pierres en grandes quantités (carrières éloignées) ou l'achat de ciment (seuils d'épandage) ;
- Dans les systèmes de subsistance (« livelihood systems ») très diversifiés s'appuyant sur plusieurs piliers économiques afin de minimiser les risques, l'engagement dans un domaine unique n'est pas aussi fort que dans un système où la production agricole est la seule source de subsistance ;
- la complexité des relations sociales : se mettre ensemble afin d'aménager un site communautaire est une action assez complexe. L'organisation communautaire renferme des risques de litiges et de conflits et exige des leaders locaux capables. L'expérience montre que la durabilité et la reproductibilité des mesures sont meilleures quand celles-ci sont mises en œuvre sur des champs individuels que sur des terres communautaires ;
- l'allocation de ressources limitées, notamment en termes de main d'œuvre familiale, est un autre élément à prendre en compte. L'utilisation de la main d'œuvre familiale dans le cadre des aménagements peut s'avérer moins profitable que de la laisser émigrer pour aller travailler en ville.

Au vu de la progression continue et rapide de la dégradation des terres et de la faible capacité des producteurs à réaliser des investissements CES de façon autonome, la possibilité de fonds d'appui nationaux alimenté par l'État et la communauté internationale doit être envisagée. De tels fonds permettent la mise en œuvre de mesures CES à grande échelle. La mise en œuvre des mesures de CES pourrait être confiée à des prestataires de services privés et à des ONG travaillant sous la surveillance technique des directions étatiques.

4.4 Conclusions

Les mesures de CES/DRS présentent un bon potentiel pour lutter contre les effets du changement climatique et pour sécuriser et améliorer la vie de la population rurale. Elles peuvent être appliquées à grande échelle et bénéficier à des milliers d'agriculteurs et de pasteurs.

La vaste participation des bénéficiaires à la réalisation des mesures de CES/DRS mobilise la population rurale, ce qui réduit les coûts pour les projets et représente un investissement énorme dans les ressources productives des bénéficiaires. La forte participation des bénéficiaires a également pour effet de renforcer leurs capacités et leur professionnalisme en termes d'organisation, de gestion et de techniques de mise en valeur des aménagements.
Les mesures de CES/DRS constituent un moyen efficace de mieux gérer l'eau et réduire la dégradation des sols, de la végétation et de la biodiversité en augmentant et stabilisant les rendements agricoles, sylvicoles et fourragers. Elles contribuent ainsi à atténuer les effets du changement climatique et améliorent significativement la sécurité alimentaire et la résilience des populations rurales par rapport aux chocs externes. L'intégration d'une utilisation rationnelle des ressources naturelles à la planification territoriale contribue à accroître la sécurité foncière, à réduire les risques de conflits et à faire le lien avec les planifications communales et régionales.

Si l'aménagement des terres en CES/DRS est une solution prometteuse pour les pays sahéliens, il exige cependant un engagement à long terme. Couvrir des superficies suffisantes pour obtenir un impact significatif non seulement au niveau des ménages individuels mais aussi sur des zones étendues est une tâche de plusieurs générations, qui exige un effort national et continu de la part des gouvernements afin d'organiser les populations et de les suivre dans la réalisation des CES/DRS, leur mise en valeur et leur entretien. Sans cette orientation et ce suivi externe, la réalisation des mesures de CES/DRS perd sa dynamique.
Si l'appui international est nécessaire pour financer les investissements, on constate que ce sont surtout les engagements à long-terme qui ont obtenu des résultats positifs. Les « projets classiques » de courte durée ne peuvent que contribuer à des investissements ponctuels dans un cadre d'aménagement plus vaste.

5 Les principales techniques d'aménagement

Dans les sous-chapitres suivants, les principales techniques sont présentées selon leur emplacement dans la toposéquence (voir Figure 2) :

A) Aménagement des plateaux :
1. Demi-lunes
2. Tranchées Nardi
3. Banquettes
4. Pare-feux

B) Aménagement des pentes
5. Tranchées manuelles
6. Digues filtrantes
7. Fixation des dunes

C) Aménagement des glacis
8. Cordons pierreux
9. Diguettes filtrantes
10. Zaï
11. Apport de matière organique : fumier et compostage
12. Paillage
13. Régénération naturelle assistée

D) Aménagement des bas-fonds
14. Seuils d'épandage
15. Micro-barrages
16. Périmètres villageois

5.1 Demi-lunes (agricoles, pastorales ou forestières)

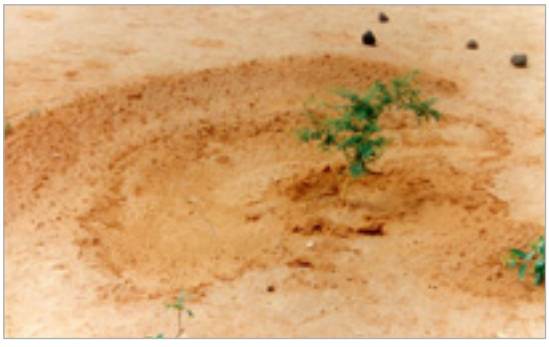
Présentation de la technique

La demi-lune est un ouvrage en terre compactée ou en pierres en forme de demi-cercle avec des ouvertures perpendiculaires au sens d'écoulement des eaux et une disposition en quinconce. La technique des demi-lunes vise à récupérer des terres dégradées, dénudées et encroûtées à des fins agricoles, pastorales ou forestières. Selon leur vocation, les terres à l'intérieur des demi-lunes, enrichies par une fumure organique, sont utilisées pour la culture de céréales (demi-lunes agricoles), la plantation d'espèces ligneuses et/ou l'ensemencement avec des herbacées (demi-lunes sylvo-pastorales).

Figure 3 : Demi-lunes agricoles et sylvo-pastorales — Source PASP, 2003

Demi-lunes agricoles en quinconce

Demi-lunes agricoles avec mil



Demi-lune sylvo-pastorale

Demi-lunes sylvo-pastorales végétalisées

Mode opératoire

La disposition des demi-lunes perpendiculairement au sens d'écoulement des eaux de surface et en quinconce permet de capter les eaux de ruissellement et les mettre à la disposition des plantes. Les demi-lunes diminuent ainsi les pertes d'eau et de couches fertiles du sol. À moyen terme, les demi-lunes favorisent une sédimentation et contribuent à la récupération de terres et à leur protection. Le fumier appliqué dans les demi-lunes n'est pas emporté pendant de fortes pluies. Le bourrelet des demi-lunes protège les jeunes plants contre les vents et l'érosion éolienne.

Indications concernant l'usage

Les demi-lunes sont conçues pour les terres à vocation agricole, pastorale et forestière. Elles sont réalisées sur les glacis et les plateaux dégradés, dénudés et/ou encroûtés à pente faible à moyenne.

Potentiel d'adaptation au changement climatique

Comme d'autres mesures antiérosives, les demi-lunes réduisent la vitesse de ruissellement des eaux et contribuent à une meilleure valorisation de ces dernières. Cela est surtout bénéfique en cas de faible pluviométrie (scénario 3) et que les demi-lunes dirigent les eaux vers les plants, augmentant ainsi la disponibilité en eau. Lors de reboisement, le taux de survie des ligneux augmente. Dans le cas des demi-lunes agricoles, les cultures survivent à des périodes de sécheresse temporaires.

Par contre, en cas de fortes pluies, les demi-lunes en terre ne sont pas appropriées. Le caractère non filtrant de l'ouvrage provoque l'inondation des plants et la stagnation de l'eau. Cela peut réduire les rendements des cultures sensibles à des excès d'eau. Dans ce cas, les demi-lunes en pierres sont préférables.

Effets agro-écologiques et socioéconomiques

Les demi-lunes sylvo-pastorales contribuent à un reverdissement remarquable de l'environnement et promeuvent la biodiversité. Quand elles sont réalisées sur des terres abandonnées, le gain en termes de rendement est de 180 kg/ha de grains de mil supplémentaires et de 400 kg/ha de paille par an pour les demi-lunes agricoles.

Sur les sites aménagés en demi-lunes forestières, la production annuelle de bois à l'âge de dix ans correspond en moyenne à 1 stère par ha. La valeur de cette production peut augmenter et passer à environ 850 000 FCFA par hectare à partir de la 5ème année.[10]

Défis techniques

En cas de fort ruissellement, les demi-lunes retiennent un volume d'eau assez important dont le poids doit être supporté par les bourrelets. L'eau qui déborde des demi-lunes peut causer des brèches sur les demi-lunes ou creuser des rigoles sur les côtés.

La densité maximale et la hauteur des demi-lunes sont déterminées en fonction de la pluviosité. Certaines plantes comme le mil ne tolèrent pas d'excès d'eau.

Après des années de sécheresse, certains sites sylvo-pastoraux aménagés exigent un réensemencement d'herbacées et le regarni avec des arbres, ce qui exige une mise en défens l'année suivante.

Facteurs de réussite

Sur certains sites, l'infiltration d'eaux pluviales est améliorée la première année après construction des demi-lunes, mais si la terre n'est pas sarclée à la houe, cet effet diminue considérablement les années suivantes, ce qui rend nécessaire un « labour » annuel à la houe.

Dans le cas des demi-lunes sylvo-pastorales, la disponibilité en semences, rejets d'herbacées et plants d'arbres est essentielle. Dans le cadre du PDRT et du PASP au Niger, les villages avaient des pépinières et les membres du CVGT collectaient sur des sites à vocation pastorale des semences herbacées utilisées pour l'ensemencement des demi-lunes pastorales. D'autres projets dans le Nord du Niger ont promu les demi-lunes sur la base de l'approche HIMO avec paiement (p.ex. vivres contre travail pour l'intégration des anciens rebelles) mais les résultats obtenus étaient douteux.

10 Selon des données du PASP

Durabilité

Les bourrelets en terre des demi-lunes agricoles sont à refaire annuellement. Pour les demi-lunes sylvo-pastorales un entretien annuel des bourrelets et une augmentation de la hauteur en cas de débordement sont recommandés. Les sites sylvo-pastoraux doivent être protégés contre la divagation des animaux dans les 2 à 3 premières années, jusqu'à établissement de la végétation. Cela nécessite une bonne organisation de la communauté.

Éléments de coût

Demi-lunes agricoles :
Main d'œuvre : 50 personnes / jour par ha pour les travaux suivants :
- marquage de la courbe de niveau ;
- traçage des contours des demi-lunes en quinconce ;
- creusage des micro-bassins ;
- constitution du bourrelet en aval du micro-bassin ;
- apport de fumure organique (environ 1 t à l'hectare par an).

Autres coûts : 10 voyages de charrettes de fumier.

Demi-lunes forestières :
Main d'œuvre 100 personnes/ jour par ha pour les travaux suivants :
- marquage des courbes de niveau ;
- traçage des contours des D.L. en quinconce ;
- creusage de micro-bassins ;
- constitution du bourrelet en aval du micro-bassin ;
- creusage de trous ;
- plantation des ligneux ;
- ensemencement d'herbacées sur les bourrelets.

Autres coûts :
- 625 plants d'arbres ;
- 15 kg de semences herbacées ;
- coût de transport pour 625 plants (2 charrettes) ;
- 120 plants pour le regarni d'arbres morts.

5.2 Tranchées Nardi

Présentation de la technique

Les tranchées Nardi (appelées aussi tranchées Valerani) sont des micro-bassins d'une longueur de 4 m et d'une largeur de 0,5 m. Elles sont réalisées à l'aide d'une charrue spécifiquement conçue à cet effet et remorquée par un tracteur. La charrue Nardi ouvre un sillon perpendiculairement à la pente en mettant le bourrelet en aval, créant ainsi un obstacle en aval du sillon. Selon la pente et la nature du sol, le nombre de tranchées peut varier. Pour un terrain plat ou à faible pente, on estime qu'il faut 250 à 400 unités par ha avec un espacement entre les lignes de 5 à 7 m. Sur les terrains à forte pente, les lignes de tranchées sont ramenées à 3 - 4 m et la densité des tranchées peut atteindre 600 unités/ha. Dans les tranchées Nardi, deux à trois arbres sont plantés ou mis en place par semis direct et démariés après la levée. Un an plus tard, on sème des herbacées pérennes afin de permettre l'établissement des arbres. Le choix des espèces ligneuses dépend essentiellement des utilisations ultérieures et des priorités des bénéficiaires. Il est recommandé de mettre le site aménagé en défens pendant une période minimale de 3 ans afin de permettre la croissance des arbres et la reproduction naturelle des herbacées. La durée exacte dépend des essences arborées et du degré de dégradation du site.

Les tranchées Nardi sont généralement combinées à un scarifiage qui est effectué à l'aide d'un scarificateur tiré par un tracteur. Le tracteur scarifie les bandes entre les tranchées Nardi un an après l'installation des tranchées. Les bandes scarifiées sont ensemencées en même temps que les tranchées Nardi avec des herbacées pérennes. Les arbres plantés l'année précédente ont alors un an et le risque que ces jeunes arbres soient étouffés par les herbacées est ainsi minimisé.

Mode opératoire

Les tranchées Nardi servent à recueillir les eaux de ruissellement, ce qui favorise l'infiltration et la rétention d'eau pour les plantes. Les tranchées servent également à ouvrir le sol et améliorent l'accessibilité des nutriments pour les plantes. Les semences transportées par le vent sont retenues dans les tranchées et renforcent la végétation herbacée.

Indications concernant l'usage

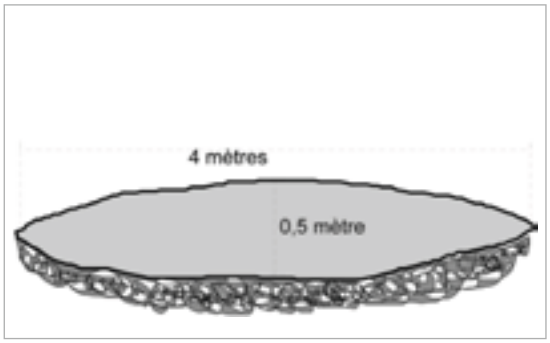
La technique est conçue en vue de récupérer des terres dégradées et encroutées à vocation sylvo-pastorale : terrains durs des plateaux, pentes faibles des élévations et glacis latéritiques.

Potentiel d'adaptation au changement climatique

Cette technique est particulièrement intéressante dans le scénario 3 d'une période à faible pluviosité en raison de sa capacité de retenir l'eau et de la mettre à la disposition des plants. Comme toutes les mesures de revégétalisation et de reboisement, cette technique assure une protection contre l'érosion hydrique et éolienne à moyen terme et réhabilite des terres stériles sans végétation. Dans les années humides, les tranchées protègent les terres en aval contre le ruissellement excessif en retenant une partie de l'eau.

Mise en œuvre à grande échelle, la technique permet d'étendre et d'améliorer la qualité des aires sylvo-pastorales et de réduire les effets néfastes pour les éleveurs dans les années où les pâturages sont de médiocre qualité. À moyen et long terme, la technique peut accroître les disponibilités en bois d'énergie, en bois d'œuvre et en autres produits ligneux. Même à court terme, les tranchées augmentent la production de paille qui est utilisée comme fourrage, revêtement de toiture et nattes ou qui est commercialisée dans le but d'obtenir un revenu supplémentaire.

Figure 4 : Réalisation et effets des tranchées Nardi



Confection des tranchées Nardi

Plateau nouvellement aménagé avec une charrue Nardi

Plateau traité avec des tranchées Nardi, qui a été scarifié, ensemencé et reboisé (âge : 2 ans)

Plateau aménagé, ensemencé et reboisé (âge : ~ 5ans)

Effets agro-écologiques et socioéconomiques

La technique appliquée sur des plateaux ou glacis contribue à une revégétalisation des espaces stériles. Selon les données du PASP, la production moyenne supplémentaire obtenue est d'environ 540 kg/ha de matière sèche de biomasse herbacée, alors que la production sur les sites non aménagés reste inférieure à 100 kg/ha. Même dans les années à pluviométrie faible, les sites aménagés produisent entre 200 et 450 kg/ha de biomasse.

Les sites sylvo-pastoraux contribuent à la subsistance des communautés pendant la période de soudure et dans les années difficiles : les femmes cueillent et ramassent des produits sauvages tels que des feuilles, des gousses et des fruits pour compléter les repas. Parfois de petites quantités de bois sont enlevées et vendues en vue de l'achat des céréales. La paille est vendue et/ou utilisée pour les toitures, les portes et les clôtures. Les arbres et arbustes sont utilisés pour la pharmacopée et d'autres produits secondaires (p.ex. gomme arabique).

Défis techniques

Il est recommandé de planter et /ou de semer des essences ligneuses la deuxième année après l'aménagement d'un site avant d'effectuer un scarifiage associé à un semis d'herbacées. Cela permet aux ligneux de ne pas être envahis par les herbacées, l'absence d'herbacées diminuant en même temps le risque que des arbres soient broutés par des animaux en divagation.

En raison de leur durée de vie limitée, les acacias holo se sont avérés peu appropriés à des fins de reboisement. La réalisation de tranchées Nardi est recommandée sur des sols bien structurés (taux d'argile élevé, sols latéritiques ou caillouteux). Sur les sols peu structurés (sableux, limoneux), les sillons se referment après les premières pluies et deviennent inefficaces.

Facteurs de réussite

Les tranchées Nardi sont conçues pour les sites sylvo-pastoraux. Pour assurer la durabilité de l'investissement, il faut au préalable :

- vérifier si les communautés sont motivées à s'investir ;
- vérifier si les communautés ont les capacités de travail et les connaissances techniques nécessaires à la mise en œuvre, la valorisation et la gestion des sites ;
- vérifier s'il existe des marchés locaux et régionaux suffisamment importants pour les produits sylvo-pastoraux ;
- clarifier l'objectif envisagé (type d'usage après aménagement) ;
- clarifier les titres de propriété foncière sur les sites à aménager ;
- définir conjointement les bénéficiaires de l'aménagement ;
- élaborer, en commun avec les usagers, une convention locale sur les règles de protection, d'exploitation et d'entretien du site.

Pour garantir la réussite de la végétalisation, il convient de déterminer le choix des herbacées sur la base des éléments suivants :

- besoins des éleveurs et / ou des agro-pasteurs ;
- choix d'espèces appropriées, adaptées aux conditions écologiques, en tenant compte de l'évolution climatique ;
- appétibilité et valeur nutritive des espèces et utilisations secondaires de ces dernières ;
- disponibilité de semences ;
- possibilités de commercialiser les produits.

Durabilité

Le succès de l'opération dépend notamment de la bonne gestion du site par le comité de gestion qui doit veiller à l'entretien et au contrôle des règles de gestion et qui doit prendre des sanctions en cas d'infractions.

Éléments de coût

Tranchées sur pente faible :
- 1 charrue Nardi (à importer d'Italie) ;
- location d'un tracteur ;

Main d'œuvre :
- 8,5 personnes / jour par hectare ;
- 800 plants, 15 kg de semences (plus transports et regarnis).

5.3 Banquettes agricoles et sylvo-pastorales

Présentation de la technique

Banquettes agricoles
La banquette est un ouvrage de forme rectangulaire construit en terre compactée, en pierres ou avec un mélange des deux. Elle est soit perméable, soit imperméable. La digue principale de l'ouvrage a une longueur pouvant aller jusqu'à 80 m. Les « bras » des deux côtés ont une largeur qui peut atteindre 15 m. Les banquettes sont construites en quinconce selon les courbes de niveau et ont une ouverture vers l'amont. La distance entre les banquettes est d'environ 6 m sur une même ligne et, selon la pente, d'environ 25 m entre les lignes.

Du côté aval de l'ouvrage, on creuse un fossé de réception de l'eau d'une largeur de 0,50 m et d'une profondeur de 0,30 m. Le sol excavé et damé sert à la construction de la digue principale. Pour une utilisation agricole, la surface à l'intérieur des banquettes est sous-solée à un tiers de la superficie totale. Deux tiers de la surface restent non travaillés et servent d'impluvium pour la collecte des eaux. Le volume d'eau mis à la disposition des plantes cultivées est ainsi multiplié par un facteur de 2 à 3. Pour stabiliser la banquette, des arbres sont plantés le long de la digue.

Banquettes sylvo-pastorales
Il s'agit de la même technique que celle décrite ci-dessus, mais avec un dimensionnement légèrement différent. La digue principale d'une banquette agro-sylvo-pastorale peut avoir une longueur allant jusqu'à 100 m et l'écartement entre les banquettes peut atteindre jusqu'à 30 m.

Dans la perspective d'un aménagement du bassin versant, les banquettes réalisées sur les plateaux permettent de protéger les surfaces en aval du ruissellement. » *Figure 5*

Figure 5 : Les banquettes captent les eaux et permettent de récupérer des terres dégradées

Série de banquettes. Source : FAO

Construction des banquettes. Source : CILSS

Mode opératoire

Les banquettes captent l'eau de ruissellement et la retiennent pendant plusieurs jours. L'infiltration est augmentée et la sédimentation graduelle qui se produit en amont des banquettes améliore la qualité du sol et favorise la revégétalisation successive. Les banquettes agricoles augmentent la superficie agricole et la productivité des terres grâce à la collecte d'eau de ruissellement et au freinage des vents par les arbres qui y sont plantés.

Indications sur l'usage

Au Niger, les banquettes sylvo-pastorales sont utilisées pour récupérer les terres des plateaux, complètement dégradées et dénudées sous l'effet d'une forte érosion hydrique et éolienne. Les banquettes agricoles sont préconisées pour récupérer les glacis, surtout dans les zones à forte pression anthropique sur les terres. La technique est recommandée sur les terres à faible pente recevant moins de 600 mm de pluie.

Potentiel d'adaptation au changement climatique

Dans un scénario de faible pluviosité (scénario 3), les banquettes sont une technique propice du fait de leur capacité d'augmenter le volume d'eau disponible pour la végétation et les cultures.

Les banquettes non filtrantes sont peu adaptées aux fortes précipitations qui risquent de détruire les talus. Dans un scénario de pluviosité plus importante (scénario 2), ces banquettes ne constituent pas une technique très appropriée, leur capacité de rétention d'eau pouvant endommager les plantes / cultures sensibles à l'eau stagnante.

Effets agro-écologiques et socioéconomiques

La construction des banquettes aide à revégétaliser de vastes aires dégradées dès la première année après leur réalisation. Les cuvettes des banquettes captent de grandes quantités d'eau qui servent à la croissance des plantes et à l'alimentation des nappes phréatiques. L'utilisation des banquettes en amont des bassins versants diminue le risque de ravinement et d'ensablement des terres en aval. Selon le CILSS, l'intérêt principal des banquettes se situe davantage dans cette protection des terres en aval.

Les banquettes agricoles permettent de récupérer des terres devenues improductives. La rentabilité économique des banquettes est relativement faible en raison de l'envergure des travaux nécessaires.

En cas de bonne végétalisation de l'ouvrage, on constate un effet de diminution de la température du sol et de l'érosion éolienne tout au long de l'ouvrage.

Au Niger, ce sont principalement les femmes qui ont bénéficié des terres récupérées sur les plateaux. Avec l'aide des projets, les femmes ont obtenu des propriétaires terriens qu'ils leur signent des baux d'une durée de 5 ans.

Défis techniques

La réalisation demande un traçage correct des courbes de niveau et un bon compactage du sol. Selon l'expérience du PDRT au Niger, les banquettes en terre ne produisent pas toujours des résultats satisfaisants :

- la répartition de l'eau à l'intérieur des banquettes et du champ aménagé est souvent très irrégulière du fait d'un manque de nivellement. Par conséquent, on constate des variations de production importantes selon les endroits ;
- lors de fortes précipitations, l'écoulement se concentre au point le plus bas du fossé de réception, entraînant parfois une érosion en rigoles ;
- il existe un risque de stagnation de l'eau pouvant endommager les cultures.

On observe également des inconvénients liés au sous-solage des banquettes :

- bien que le sous-solage permette une infiltration rapide et relativement profonde, l'eau se trouve en dessous de la zone d'enracinement des jeunes cultures ou des herbacées, ce qui fait que l'utilisation initiale de l'eau infiltrée n'est pas optimale ;
- on constate une nouvelle induration de la surface sous-solée après quelques années de mise en culture. Cela est provoqué par la désagrégation de la structure du sol et par une concentration de particules fines de terre dans les cannelures du sous-solage, ce qui cause un blocage des pores du sol.

Facteurs de réussite

Avant la réalisation des banquettes, il importe de clarifier le statut foncier des superficies à aménager et les usagers de ces dernières afin d'éviter des tensions ultérieures.
L'aménagement transforme un terrain improductif en un terrain économiquement intéressant.
Les grands travaux nécessaires pour construire les banquettes exigent que la communauté soit motivée et organisée.

Durabilité

Moyennant un minimum d'entretien, les banquettes en pierres ou revêtues ont une durée de vie d'au moins 20 ans. Les banquettes en terre battue sont moins durables. Une bonne végétalisation des talus augmente leur durabilité.
La reproductibilité dépend de la nature du terrain et des matériaux (pierres) pouvant être trouvés à proximité ainsi que de l'existence d'un partenaire logistique pour le sous-solage.

Éléments de coût

Main d'œuvre : 54 personne/jour par ha ;
Petit matériel : pioches, pelles, brouettes, niveaux à eau ;
Autres coûts : location d'un engin pour le sous-soulage (1 jour /ha).

5.4 Pare-feux

Présentation de la technique

Les pare-feux sont une mesure de précaution qui est notamment prise sur les aires de pâturages afin de protéger le fourrage pendant la saison sèche. Les feux de brousse sont fréquents sur les pâturages de bonne qualité ayant une quantité de biomasse > 1t/ha. On distingue deux techniques pour établir les pare-feux: (i) la méthode manuelle et (ii) la méthode mécanisée. Dans les deux cas, il s'agit de tracer un couloir de 10 à 15 m de largeur, perpendiculairement à la direction principale du vent après l'hivernage. Le couloir est débarrassé de la végétation herbeuse à l'aide d'outils manuels (râteaux, pelles et haches) ou mécaniquement à l'aide d'un tracteur et d'une grande herse, d'un véhicule 4x4 tirant les branches derrière lui ou des gradeurs. Des arbres sont élagués, mais conservés. » *Figure 6*

Mode opératoire

Les pare-feux découpent de vastes aires de pâturage en parcelles et visent à diminuer les pertes en cas d'incendie. Ils peuvent aussi être établis le long des pistes traditionnelles. Les pare-feux facilitent l'extinction du feu le long du couloir, lequel constitue en même temps une voie d'accès rapide. Sur les pare-feux, le feu ne trouve plus de combustible et s'étend. Un entretien régulier est nécessaire après l'installation des pare-feux.

Indications concernant l'usage

Zones à vocation pastorale enregistrant une pluviométrie de 150 à 300 mm.

Figure 6 : Établissement de pare-feux à l'aide d'un tracteur ou d'un gradeur. Source : PAPF, Sénégal

Pare-feux réalisés par tracteur

Pare-feux établis par gradeur

Potentiel d'adaptation au changement climatique

Cette technique est particulièrement importante à titre de mesure de précaution dans le scénario 2 ayant une période humide, car en zone sahélienne les feux de brousse ne représentent une menace que pendant les saisons sèches qui suivent les bonnes saisons hivernales qui favorisent une forte croissance des espèces herbacées. Dans ce scénario, l'entretien des pare-feux s'effectue chaque année.

Dans un scénario de haute variabilité interannuelle des pluies, les pare-feux constituent des mesures de précaution après une saison de pluies abondantes.

Effets agro-écologiques et socioéconomiques

La prévention des feux contribue à la sauvegarde de la faune et de la flore sur de vastes superficies de pâturage, qui seraient autrement détruites, ainsi qu'à empêcher des pertes économiques énormes dans le domaine de l'élevage et des infrastructures (hameaux, forages). Quand les pâturages sont intacts, les éleveurs itinérants tendent à rester dans leurs zones.

Défis techniques

Les moyens financiers ou logistiques limitent l'installation des pare-feux et l'organisation des bénéficiaires (itinérants) invités à participer financièrement ou physiquement aux travaux de réalisation et d'entretien s'avère souvent difficile.

Facteurs de réussite

Une fois le financement acquis, l'activité exige une forte sensibilisation à la nécessité d'éviter les feux et une vaste mobilisation des éleveurs dans leurs zones d'attache afin de les inciter à participer aux travaux.

Durabilité

La durabilité des pare-feux dépend de leur entretien. Une fois établis, ils demandent un nettoyage annuel en cas de développement important de la végétation herbacée. Dans les années de faible croissance de la végétation, l'entretien peut se faire tous les deux ans ou selon les besoins. En cas de nettoyage manuel, une bonne organisation des populations ou des communes est nécessaire pour assurer leur entretien et une intervention en cas d'incendie (unité mobile).

Éléments de coût

Méthode manuelle :
- petits matériels (râteaux, pelles, haches) ;
- main d'œuvre ;

Méthode traction mécanisée :
- voiture 4x4, tracteur ou gradeur ;
- une herse ;
- de la main d'œuvre pour le nettoyage du couloir.

5.5 Tranchées manuelles

Présentation de la technique

Il s'agit de tranchées creusées manuellement de 3 à 3,50 m de longueur et de 0,60 m de profondeur. Les tranchées sont excavées à un intervalle de 4 m en quinconce avec au total environ 625 unités par ha. La terre excavée est déposée en aval des tranchées implantées perpendiculairement à la pente. Au milieu de chaque tranchée, il y a un socle de 0,40 m sur lequel est planté un arbre qui est alimenté en eau collectée dans la tranchée. L'objectif principal est de réhabiliter la végétation ligneuse et de lutter contre l'érosion hydrique sur les pentes en diminuant le ruissellement des eaux menaçant les terres en aval. Les tranchées ralentissent la formation de ravines et la glacification des terres fragiles. Les jeunes arbres doivent être surveillés pendant plusieurs années contre le broutage des animaux en divagation et les plants morts doivent être remplacés (regarni).

Figure 7 : Conception des tranchées manuelles. Source : PASP (2003)

Bande de tranchées manuelles

Versant traité à l'aide de tranchées manuelles

Mode opératoire

Les tranchées manuelles permettent de réintroduire des arbres sur des terrains dégradés et peu fertiles. Elles freinent la force des eaux de ruissellement et augmentent l'infiltration. Les superficies aménagées peuvent être exploitées à intensité degré limitée et selon une règlementation stricte. L'aménagement en tranchées manuelles a un effet positif sur les champs en aval, qui sont mieux protégés contre l'érosion en nappe et le ravinement. L'infiltration de l'eau dans les tranchées manuelles contribue à rehausser la nappe phréatique.

Indications concernant l'usage

Cette technique a été conçue en vue de la récupération de terres communautaires dégradées se trouvant sur des pentes et des hauts glacis.

Potentiel d'adaptation au changement climatique

Les tranchées manuelles sont appropriées indépendamment du scénario climatique. La technique est particulièrement intéressante dans le scénario 3 comportant une période à faible pluviométrie en raison de sa capacité de retenir l'eau et de la mettre à la disposition des plants. Dans les années de pluies abondantes ou de pluies fortes ou violentes, les jeunes arbres sont protégés par le socle surélevé à l'intérieur de la tranchée. Il existe néanmoins un certain risque d'inondation en cas de très fortes averses. Comme toute mesure de reboisement, cette technique a un effet protecteur contre l'érosion hydrique et éolienne à moyen terme. L'ombrage formé par les arbres contribue aussi à baisser la température au sol.

Effets agro-écologiques et socioéconomiques
La technique des tranchées manuelles s'est avérée efficace pour la restauration de sites sylvo(-pastoraux). La végétation herbacée et ligneuse continue à se stabiliser progressivement sur les sites aménagés où les peuplements peuvent atteindre l'âge de 20 ans. À l'âge de 10 ans environ, la production annuelle de bois correspond à 1,3 stère par ha en moyenne annuelle (selon données PASP).

Défis techniques

La technique est très intensive en main d'œuvre. Les travaux doivent démarrer directement après les récoltes pour profiter de la terre molle et encore humide. Pour ne pas compromettre la croissance des arbres, il faut un système de mise en défens et de surveillance contre la divagation des animaux. La mortalité des arbres après la plantation est assez élevée (taux de survie d'environ 60 %) et exige un regarni systématique les trois premières années.

Facteurs de réussite

Bonne organisation communautaire.

Durabilité

Les tranchées manuelles créent un environnement favorable pour la réinstallation de la végétation. Les tranchées se remplissent progressivement de sédiments, ce qui réduit leur capacité de stockage de l'eau. En même temps, les arbres se développent et deviennent moins dépendants de l'eau emmagasinée. Une fois le site reverdi, il n'y a plus besoin d'autres ouvrages.

Éléments de coût

Main d'œuvre : 110 personnes/ jour par ha ;
- marquage des courbes de niveau ;
- traçage des tranchées en quinconce ;
- creusage de 2 micro-bassins rectangulaires séparés horizontalement par une surface plane ;
- trouaison de la surface centrale ;
- plantation de ligneux ;
- nsemencement d'herbacées sur les bourrelets.

Autres coûts :
- fourniture d'outils (barres à mine, pioches, pelles) ;
- 625 plants d'arbres ;
- 15 kg de semences herbacées ;
- coût pour le transport de 2 charrettes de plants ;
- 120 plants pour le regarni.

5.6 Digues filtrantes

Présentation de la technique

La digue filtrante est un ouvrage construit dans des ravins. Elle est réalisée au moyen de pierres lâches et est parfois renforcée par des gabions. Une couche filtrante (tapis de gravillons ou de petites pierres) est posée sur une tranchée d'ancrage et est encadrée et superposée à d'autres couches de pierres de moyenne et grande taille. D'une hauteur de 0,50 à 3 mètres, la largeur de la fondation et de la crête dépendent du volume d'eau que l'on estime devoir y transiter. La partie de la digue située à l'intérieur du ravin est prolongée latéralement par des ailes servant à l'épandage des crues se déversant sur une superficie plus vaste à côté de la digue. En général, la largeur totale est au moins égale au triple de la hauteur de l'ouvrage. Les digues se construisent sans déversoir ou, en cas de crues violentes, avec déversoir. La construction en pierres libres diminue les coûts d'aménagement par rapport aux gabions.

Mode opératoire

La digue filtrante est utilisée pour la fermeture des ravins et le réglage du passage d'eau. L'ouvrage freine les crues et épand l'eau sur les superficies avoisinantes. Le freinage des eaux cause une meilleure infiltration et une sédimentation en amont des digues. Au fil du temps, les sédiments ferment le ravin. La fermeture du ravin arrête aussi le drainage latéral des terres avoisinantes en direction du ravin, ce qui augmente leur productivité. L'infiltration importante en amont de la digue alimente la nappe phréatique, ce qui permet aussi d'utiliser les digues pour rehausser la nappe phréatique dans les puits.

Indications concernant l'usage

Les digues filtrantes permettent de récupérer les terres agricoles ou sylvo-pastorales fortement dégradées. Elles sont aussi utilisées pour relever la nappe phréatique autour des puits et pour protéger les zones de bas-fonds contre l'ensablement et le ravinement. Elles sont appliquées en combinaison avec d'autres mesures comme le reboisement ou les cordons pierreux pour les protéger et aménager les alentours. » *Figure 8*

Potentiel d'adaptation au changement climatique

Les digues filtrantes peuvent être utilisées dans les scénarios 2 et 3. En dissipant les crues, les digues filtrantes favorisent une meilleure exploitation des eaux pluviales et sont ainsi importantes en période sèche (scénario 3). En ralentissant l'écoulement de l'eau, les digues filtrantes contribuent à réduire le ravinement dans les périodes humides (scénario 2) et /ou lors d'évènements de pluies violentes. Elles protègent les terres aux alentours et permettent ainsi de récupérer et d'étendre les surfaces utilisées à des fins agricoles.

Effets agro-écologiques et socioéconomiques

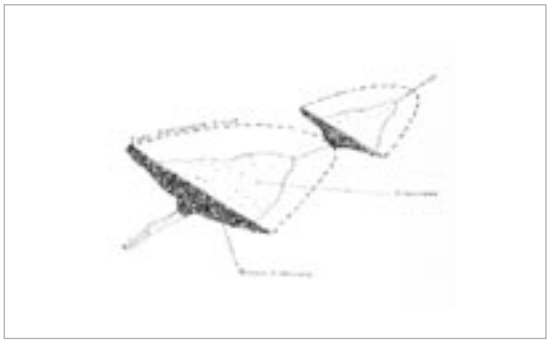
La conservation de l'eau pendant des périodes plus longues et la rétention des particules fines du sol permettent le développement d'une végétation naturelle le long des ouvrages, ce qui contribue à la stabilisation des digues. Des semences d'herbacées et de ligneux sont piégées, ce qui favorise une croissance spontanée en amont et en aval et contribue ainsi à la réhabilitation et à la conservation de la biodiversité. La réduction des crues réduit l'ensablement des vallées en aval.

Comme ces ouvrages sont utilisés dans des bas-fonds et à proximité des marigots pour augmenter l'infiltration, cela peut contribuer à un rehaussement de la nappe phréatique. Ces sites sont particulièrement adaptés au jardinage et maraîchage, ce qui constitue un gain en « contre-saison ». Les produits servent de complément alimentaire et de source de revenu.

Défis techniques

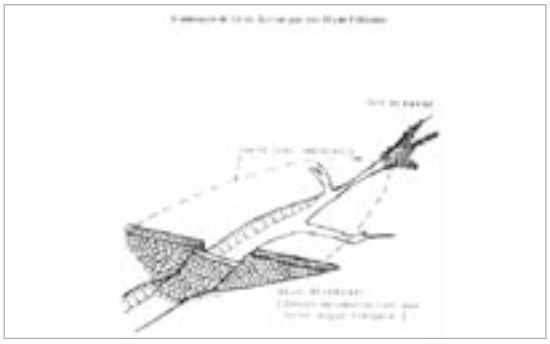
Selon la taille des digues filtrantes, leur construction exige un niveau élevé d'ingénierie (levés topographiques, calcul des crues). La construction de digues filtrantes consomme beaucoup de moellons, ce qui fait que les coûts des ouvrages, de la main d'œuvre et du transport sont assez élevés par rapport aux ouvrages en pierres. Comme les données nécessaires au calcul des crues font souvent défaut, il faut observer les digues pendant les premières années et, le cas échéant, les renforcer et réparer les dégâts éventuels.

Figure 8 : Construction de digues filtrantes



Digue filtrante sans déversoir. Source : PATECORE

Fermeture d'un ravin par une digue filtrante. Source : PGRNG Mauritanie



Digue filtrante avec déversoir. Source : PATECORE

Déversoir d'une digue filtrante avec bassins de dissipation. Source : PGRNG Mauritanie

Facteurs de réussite

Il est important d'avoir un partenaire du côté des paysans qui puisse mettre le savoir-faire et les moyens de transport à disposition et apporter un appui à l'organisation communautaire. La communauté doit être formée aux réparations.

Durabilité

La durabilité des ouvrages dépend de la qualité de la construction et d'un entretien régulier. L'entretien après des brèches demande une certaine technicité et une bonne organisation de la population. Des mesures biologiques (ensemencement, plantation d'arbres) augmentent la stabilité des ouvrages. La reproductibilité dépend de la nature du terrain et de la disponibilité de pierres à proximité.

Éléments de coût

La dimension exacte d'une digue filtrante varie fortement d'un site à l'autre. Les coûts dépendent de la distance de la carrière, de la topographie du terrain et de la charge réelle de chaque voyage en camion. Les coûts augmentent considérablement dans le cas d'utilisation de gabions.

Levé topographique ;
Besoins en moellons/pierres : selon la taille, environ 113 m^3 pour 100 m de longueur ;
Main d'œuvre : dépend de la taille de l'ouvrage ;
Transport en camion : 23 voyages (multi-benne de 4,5 m^3 par charge) ;
Autres coûts : Petits matériels (pioches, pelles, brouettes, niveau à eau etc.).

5.7 Fixation des dunes

Présentation de la technique

La fixation des dunes s'effectue au moyen de brise-vents de forme quadratique, qui ont une longueur d'environ 10 à 15 m de chaque côté et qui sont confectionnées au moyen de tiges de mil, d'autres matériels végétaux ou de haies vives et d'arbres (*Leptadenia pyrotechnica, Euphorbia balsamifera, Acacia raddiana, Acacia sénégal, Balanites aegyptiaca, Prosopis juliflora etc.*). Les clôtures protègent contre l'érosion éolienne et réduisent le déplacement du sable vers les champs, les habitations ou d'autres infrastructures. Le site ainsi protégé est aménagé par semis de bandes herbacées et arbustives et est mis en défens (interdiction totale de toutes formes d'exploitation) pendant une période d'au moins trois ans.

Figure 9 : Fixation des dunes par des haies vives et des clôtures

Haie vive d'Euphorbia balsamifera. Source : PASP, 2003

Fixation des dunes par des clôtures. Source : CARITAS

Mode opératoire

Les clôtures formées de tiges, de bandes enherbées et d'arbres servent de barrière pour empêcher le vent d'emporter le sable de la dune. La plantation d'herbacées et d'arbustes à l'intérieur des clôtures sert à davantage fixer le sol. L'installation de la végétation prend au moins trois ans et apporte de la matière et des débris organiques au sol améliorant ainsi sa structure.

Indications concernant l'usage

Le traitement des dunes est utilisé dans des endroits, villages ou éléments d'infrastructures (bâtiments, routes, périmètres d'irrigation, etc.) où des champs risquent d'être ensablés.

Potentiel d'adaptation au changement climatique

Les vents devenant de plus en plus forts et la dégradation de la végétation naturelle des dunes allant en s'accélérant, il est très probable que le problème d'ensablement dû aux dunes mouvantes s'accentuera dans l'avenir. Les différentes techniques de stabilisation des dunes mouvantes prendront donc davantage d'importance à l'avenir. Il n'existe pas, à l'heure actuelle, d'informations sur l'importance du développement des dunes mouvantes dans le cadre des différents scénarios climatiques (période sèche, période humide, période de haute variabilité).

Effets agro-écologiques et socioéconomiques

Grâce aux palissades et à la végétation, la fixation des dunes diminue l'érosion éolienne et la température du sol du fait de l'ombrage. L'effet de protection des champs et des infrastructures contribue à prévenir d'énormes dégâts. Dans le cadre du PDRT au Niger, une superficie totale de 180 ha de dunes mouvantes a été fixée, ce qui a évité des dégâts majeurs pour les habitats et les aires agricoles et pastorales qui sont les bases d'existence des populations.

Défis techniques

La prise en compte de l'ensemble du terrain dégradé, le choix des techniques et espèces appropriées ainsi que la sélection des sites les plus appropriés demandent une expérience spécifique. Parfois la surface protégée se régénère alors que la pression humaine sur des espaces voisins s'aggrave,

Facteurs de réussite

Il est nécessaire d'assurer une surveillance et un entretien rigoureux de la dune protégée pendant au moins trois ans, ce qui exige une bonne organisation de la communauté et l'application de règles et sanctions. Une exploitation partielle de la végétation comme site de pâturage (broutage 1 jour sur deux semaines) est parfois possible. Certains projets préfèrent clôturer les sites aménagés au moyen de grillage pour assurer leur protection intégrale.
Le climat influence beaucoup la réussite. Une année de bonne pluviométrie après l'aménagement favorise l'établissement des espèces plantées.

Durabilité

Une fois que le sol de la dune est fixé par la végétation, les effets sont durables à condition que le terrain ne soit pas surpâturé.

Éléments de coût

Main d'œuvre : 50 personnes / jour par ha ;
- 60 fagots de palissades par ha ;
- 400 plants de ligneux par ha ;
- Transport (par camion) des palissades et plants ;
- Mise en défens : coûts importants dans le cas d'installation de clôtures avec grillage et risque de vol de ce dernier.

5.8 Cordons pierreux

Présentation de la technique

Les cordons pierreux sont des dispositifs antiérosifs constitués de blocs de moellons / cailloux assemblés par séries de deux à trois. Ils sont construits en lignes le long d'une courbe de niveau après décapage de 10 à 15 cm de sol le long de la ligne. Les sommets des pierres atteignent une hauteur de 20-30 cm du sol. L'écartement entre les cordons pierreux est de 20 à 50 m suivant la pente du terrain.

Les cordons pierreux donnent de meilleurs résultats quand ils sont associés à des mesures biologiques (enherbement, haie vive, plantation d'arbres), à des apports de fumure organique et au mulching.

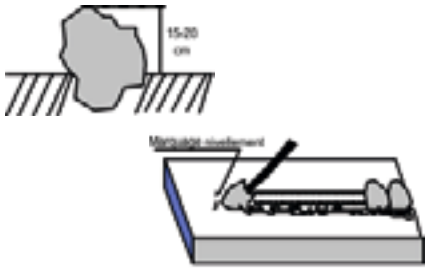
Mode opératoire

Les cordons pierreux sont une mesure permettant de lutter contre l'érosion hydrique en nappe causée par le ruissellement. Ils ralentissent le ruissellement et le répartissent mieux sur le terrain aménagé. La diminution de la vitesse d'écoulement favorise l'infiltration de l'eau et empêche ainsi la perte d'eaux pluviales. En arrêtant l'eau, les cordons favorisent la sédimentation des fines particules de terres entraînées par l'eau et du fumier. Les surplus d'eau s'infiltrent dans le sol et au travers des cordons. En cas de pluies irrégulières, les cordons pierreux contribuent ainsi à conserver davantage d'humidité dans le sol pendant une période plus longue et réduisent la pénurie hydrique lors des poches de sécheresse. » *Figure 10*

Indications concernant l'usage

La technique est conçue pour les terres à vocation agricole mais elle est aussi applicable sur des terres sylvo-pastorales. Les cordons pierreux sont appropriés en zone sahélienne et soudanienne recevant entre 300 et 900 mm/an sur les terrains à pente faible.

Figure 10 : Construction de cordons pierreux Source : PASP (2003)



Cordon de pierres avec plantation

Niveau à eau permettant de déterminer les courbes de niveau

Série de cordons dans un champ

Potentiel d'adaptation au changement climatique

Les cordons pierreux sont intéressants à de multiples égards dans l'optique d'une adaptation au changement climatique. Dans le scénario 2 comportant une période humide, ils protègent les terres en cas de fortes pluies, ce phénomène tendant à s'accentuer avec le changement climatique. Dans le scénario 3 prévoyant une réduction générale de la pluviométrie, la mesure contribue à une meilleure mise en valeur des eaux pluviales. La rétention et l'infiltration d'eau augmentent la disponibilité d'eau pour les cultures et sécurisent la récolte. Bien végétalisés, les cordons pierreux réduisent la température du sol et le protègent contre l'érosion éolienne.

Figure 11 : Cordon pierreux végétalisé. Source : A. Yeye/PDA/GIZ/ Burkina Faso

Effets agro-écologiques et socioéconomiques

La rétention de l'eau, des sédiments fertiles et de la fumure augmentent la fertilité du sol et améliore sa structure. L'établissement d'une végétation naturelle le long des ouvrages est favorisé par la rétention des semences d'herbacées et d'arbustes. L'établissement de la végétation renforce la fixation de la terre et stabilise les ouvrages. Elle contribue au maintien de la biodiversité de la flore et de la petite faune (p.ex. varans, oiseaux, serpents, reptiles).

La réduction du ruissellement superficiel sur les terres aménagées diminue les crues et les apports de sédiments dans les vallées an aval protégeant ainsi les terres fertiles des bas-fonds contre l'ensablement et le ravinement.

Les rendements en grains augmentent de plus de 40 % dans les cultures de mil, et cela sur une durée de plus de 15 ans sans que rien puisse laisser croire que les rendements baissent après un certain temps (données PASP). Cela s'explique par l'amélioration de la structure du sol qui favorise une meilleure infiltration, même après sédimentation complète du cordon.

Les gains de rendement en sorgho varient entre 33 et 55 % sur le Plateau central du Burkina Faso. La combinaison de cordons pierreux avec des zaï permet même une augmentation de 114 – 124% pour le sorgho. Dans le cas d'apport de bonnes quantités de fumure organique, les rendements du sorgho peuvent doubler. Dans les années sèches, les cordons permettent toujours une récolte alors que les terres non aménagées ne produisent plus.

Au vu de l'augmentation de la pluviométrie constatée dans la zone du PATECORE dans les deux dernières décennies (1991 – 2010), les paysans ont choisi de cultiver le sorgho plutôt que le mil dans les champs aménagés (Nill, 2005), les rendements du sorgho y étant supérieurs du fait de la plus grande humidité du sol.

L'augmentation de la production stabilise la sécurité alimentaire des exploitations agricoles proportionnellement à la superficie aménagée par exploitation. Au PASP Niger, en moyenne 16 % des superficies par exploitation ont pu être aménagés, ce qui, sans autres mesures, permet une augmentation d'environ 8 à 33 % de la production annuelle de l'exploitation (Nill, 2005). Dans certaines zones, on observe une réduction de l'exode temporaire.

Défis techniques

Le respect des courbes de niveau et des normes techniques est important pour optimiser les effets des cordons. La proximité de carrières ou de moellons décide des moyens de transport à prévoir (charrettes ou camions). Dans les années humides, les cordons peuvent provoquer une stagnation de l'eau sur des parties du champ, ce qui peut être préjudiciable aux cultures. Dans ce cas, les paysans doivent ouvrir les cordons pour drainer l'eau.

Facteurs de réussite

L'application de la mesure à grande échelle et son succès sont principalement liés à l'octroi de subventions pour le transport des moellons jusqu'aux chantiers ainsi qu'à la bonne organisation des communautés et à sa capacité de mobiliser la main d'œuvre qui forme la contribution des producteurs.

L'engagement des paysans dépend dans une large mesure du libre choix des terres à aménager sur leur terroir. Les obliger à commencer les travaux d'aménagement en amont, comme le veut l'approche classique d'aménagement des bassins versants, s'est souvent révélé contre-productif, la plupart des communautés préférant aménager d'abord des champs individuels afin d'obtenir des effets immédiats sur la production agricole. L'aménagement des espaces sylvo-pastoraux vient en deuxième position.

Au Niger, les paysans ont été mis en contact avec un atelier de fabrication de charrettes et de tombereaux à traction asine. À l'aide d'un crédit octroyé par le projet, les paysans ont pu acquérir les charrettes. Le remboursement était assuré sous forme de transport des pierres. Cela a permis d'assurer une grande partie du transport de pierres au moyen de charrettes et de réduire les coûts. Les charrettes permettent de continuer les travaux d'aménagement de façon autonome et facilitent le transport du fumier jusqu'au champ et de la récolte ainsi que la corvée d'eau des femmes.

Durabilité

Les effets positifs sur le rendement sont entretemps prouvés en ce qui concerne les cordons de plus de 15 ans d'âge. Un minimum d'entretien est nécessaire. Il s'agit principalement de remettre en place les pierres déplacées par les animaux ou le ruissellement. La durée de vie des cordons pierreux est supérieure à 20 ans. On constate une sédimentation successive des cordons, qui induit un terrassement. La capacité de rétention d'eau se perd avec la sédimentation mais à cause d'une amélioration de la structure du sol, la capacité d'infiltration du sol augmente et la pente s'affaiblit suite à un effet terrassement. Les paysans peuvent maintenir la capacité de rétention en rehaussant les cordons. Sur certains sites, les paysans utilisent les pierres des cordons une fois que le bourrelet végétatif s'est établi pour les placer de nouveau entre les anciennes lignes.

Éléments de coût

Les coûts exacts d'un ha aménagé en cordons pierreux dépendent de l'éloignement et de la superficie de la carrière, de la pente du terrain qui détermine la distance entre les cordons pierreux sur 1 ha et la charge réelle de chaque transport en camion. Les chiffres ci-dessous sont donnés à titre indicatif.

Besoins en moellons/pierres : 24 m³ pour 400 m de longueur ;
Main d'œuvre : 30 personnes / jour (p/j) pour 1 ha ;
- nivellement, marquage des courbes de niveau - 1 p/j ;
- ramassage des cailloux et chargement des charrettes - 10 p/j ;
- transport des cailloux au moyen de charrettes - 10 p/j ;
- confection des cordons - 9 p/j.

À cela s'ajoute le temps de travail pour l'apport de fumier.

Transport par charrette : 20 charrettes de pierres ;
En cas de fumure : 20 charrettes de fumier ;
Transport par camion :
- 6 voyages (multi-benne d'une capacité de 4,5 m³ par charge) ;

Autres coûts : Petits matériels (pioches, pelles, brouettes, niveaux à eau, etc.).

5.9 Diguettes filtrantes

Présentation de la technique

Les diguettes filtrantes sont des ouvrages antiérosifs construits le long des courbes de niveau qui ont une hauteur de 30 à 50 cm et qui s'étendent sur une largeur égale à deux à trois fois la hauteur. La crête des diguettes est horizontale. Elles sont assemblées au moyen de moellons ou de pierres de différentes tailles. On distingue deux types de diguettes filtrantes : les diguettes filtrantes sans tapis destinées aux terrains plats sans ravinement et les diguettes avec tapis préconisées sur les surfaces se caractérisant par un fort ruissellement.

La diguette filtrante se distingue d'un cordon pierreux par sa taille, le type de construction en différentes couches de pierres ainsi que le rôle qu'elle est appelée à jouer comme dispositif de contrôle d'écoulements plus forts. C'est pourquoi la diguette filtrante est souvent placée en amont des cordons pour d'abord casser la force de l'eau ruisselant des plateaux et des pentes.

Mode opératoire

La diguette filtrante est un ouvrage destiné à ralentir le ruissellement des eaux. Par sa construction, la diguette filtrante dissipe l'énergie des eaux et contribue à la sédimentation, ce qui assure un terrassement du terrain. De la même façon que les cordons pierreux, elle augmente l'infiltration des eaux de surface dans le sol. » *Figure 12*

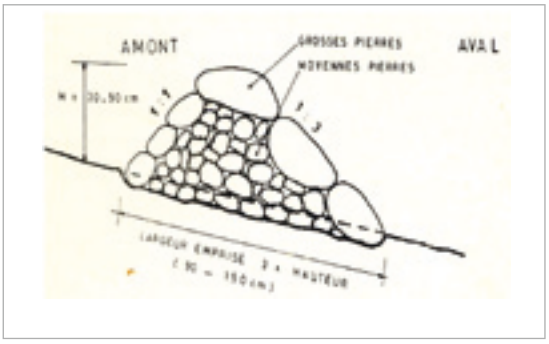
Indications concernant l'usage

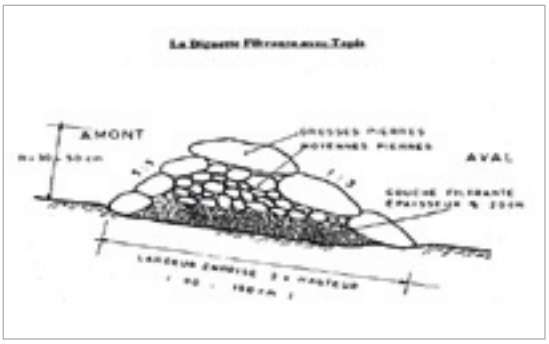
Les diguettes filtrantes sont surtout conçues pour les terres à vocation agricole mais peuvent aussi être appliquées sur les surfaces sylvo-pastorales. Elles sont recommandées sur les unités écologiques suivantes : sols gravillonnaires et sablo-argileux, glacis. Les diguettes permettent en même temps d'obstruer de petites rigoles.

Potentiel d'adaptation au changement climatique

Dans une optique d'adaptation au changement climatique, les diguettes servent à atténuer la variabilité des pluies. Elles sont appropriées dans les scénarios suivants :

Figure 12 : Construction de diguettes filtrantes Source : PASP (2003)





Diguette filtrante sans tapis. Source : PATECORE

Série de diguettes dans un champ

Période humide (Scénario 2) et pluies fortes ou violentes : établies au bord supérieur des champs à titre de mesure de protection et pour assurer une meilleure infiltration, les diguettes filtrantes protègent les terrains à fort risque d'érosion.

Période sèche (Scénario 3) : grâce à leur pouvoir de stopper et ralentir les eaux, les diguettes filtrantes favorisent une meilleure infiltration et donc une meilleure disponibilité d'eau pour les cultures pendant une période plus longue.

En cas de bonne végétalisation de l'ouvrage au moyen d'herbacées et de ligneux, on constate une diminution de la température du sol et une protection contre l'érosion éolienne tout le long de l'ouvrage.

Effets agro-écologiques et socioéconomiques

La conservation de l'eau et la rétention des sédiments fertiles par les diguettes facilitent le développement d'une végétation naturelle le long des ouvrages. Des semences d'herbacées et d'arbustes sont piégées par les ouvrages, ce qui favorise la croissance spontanée d'une végétation naturelle et donc aussi un rétablissement de la biodiversité. Cette végétation offre un habitat à certains animaux sauvages.

Les études menées dans la zone du PATECORE ont montré un accroissement moyen des rendements du sorgho de l'ordre de 38 % par rapport aux témoins, les rendements s'élevant à respectivement 795 kg pour les champs aménagés en diguettes filtrantes et à 576 kg pour les témoins. La production de paille pour le bétail augmente proportionnellement à la production de grains. L'effet de reboisement des champs aménagés avec des diguettes filtrantes est moindre que sur les champs aménagés avec des cordons pierreux, ce qui est dû au fait qu'il faut plus de mètres linéaires de cordons pierreux que de diguettes filtrantes pour aménager un hectare de terre (GTZ, 2007).

La réduction du ruissellement des eaux en aval des aménagements contribue à une diminution des apports alluvionnaires dans les vallées an aval. Dans le cas d'aménagement d'un bassin versant avec ce type d'ouvrages, l'ensablement et le ravinement des terroirs sont réduits.

Défis techniques

Le respect des courbes de niveau et l'orientation horizontale des crêtes sont nécessaires pour obtenir un effet optimal. Malgré son importance comme ouvrage de contrôle du ruissellement, la technique est d'apprentissage relativement facile et peut être appliquée par les paysans après deux jours de formation.

Le transport des moellons peut être effectué à l'aide de charrettes si les carrières sont situées à proximité (1 km). Dans le cas d'éloignement plus important, des camions sont nécessaires.

Facteurs de réussite

Comme pour les cordons, la construction des diguettes exige une bonne organisation et la mobilisation des producteurs qui doivent fournir la main d'œuvre sur plusieurs années. L'intervention doit être suffisamment longue pour permettre l'aménagement de superficies importantes par rapport à chaque exploitation. L'intervention ne peut se faire qu'avec des groupes et villages fortement intéressés, qui ont une capacité de main d'œuvre et de mobilisation élevée.

Durabilité

Moyennant un minimum d'entretien, les diguettes ont une durée de vie d'au moins 20 ans. Avant la saison pluvieuse, il faut remettre en place les pierres éventuellement déplacées par les animaux. Pendant les pluies, des brèches peuvent se former et celles-ci doivent être immédiatement réparées. La stabilité des diguettes peut encore être renforcée par une végétalisation active (semis d'herbacées ou plantation d'arbres). Sans ensemencement direct, une végétation naturelle s'installe le long des diguettes après quelques années. La reproductibilité de la technique dépend de la nature du terrain mais surtout de la disponibilité de moellons à proximité.

Éléments de coût

Les coûts exacts d'un ha aménagé au moyen de diguettes filtrantes dépendent de l'éloignement de la carrière, de la pente du terrain qui détermine la distance entre les diguettes filtrantes et de la charge réelle transportée par camion ou charrette.

Besoins en moellons/pierres : 48 m^3 pour une longueur de 200 m de diguettes;
Main d'œuvre : 60 personnes / jour par ha ;

- nivellement, marquage des courbes de niveau 1 p/j ;
- ramassage des cailloux et chargement des charrettes 20 p/j ;
- transport des cailloux par charrettes 20 p/j ;
- confection des cordons 19 p/j.

Plus le temps de travail pour l'apport de fumier.

Transport par charrette : 20 charrettes de pierres ;
En cas de fumure : 20 charrettes de fumier ;
Transport par camion : 11 voyages (multi-bennes d'une capacité de charge de 4,5 m^3) ;
Autres coûts : Petits matériels (pioches, pelles, brouettes, niveaux à eau, etc.).

5.10 Zaï - Tassa

Présentation de la technique

Les zaï ou tassa sont une ancienne technique paysanne redécouverte après la grande sécheresse de 1973/74 puis perfectionnée par les divers intervenants auprès des paysans. Il s'agit de trous de semis d'environ 30 à 40 cm de diamètre et 10 à 15 cm de profondeur. La distance entre les trous est de 70 à 80 cm, ce qui donne à peu près 10 000 trous par ha. Ces trous sont creusés perpendiculairement à la pente et en quinconce.

Figure 13 : Les zaï ou tassa – une technique traditionnelle

Préparation des zaï dans un champ. Source : PASP

Zaï avec une culture de mil. Source : PATECORE

La terre enlevée est entassée an aval du trou, et constitue une sorte de bourrelet qui capte l'eau. Deux poignées de fumure organique ou de compost sont posées dans chaque trou. Habituellement, les trous sont préparés pendant la saison sèche, avant les premières pluies. Par contre, il est recommandé de les faire directement après l'hiver, quand la terre est encore humide et qu'il fait moins chaud. Préparés tôt dans la saison sèche, les trous constituent des pièges pendant la période des vents forts de février et mars et peuvent ainsi capter les poussières riches portées par l'harmattan et des déchets organiques apportés par le vent. Une quantité d'au moins 3 tonnes de fumure organique est recommandée par hectare. Les trous sont recreusés tous les deux ans. » *Figure 14*

Mode opératoire

La disposition des trous en quinconce permet de collecter les eaux de ruissellement de façon optimale et freine l'écoulement de l'eau sur le terrain. La technique du zaï permet de concentrer et de conserver les éléments nutritifs et l'eau à proximité des racines des plantes cultivées. L'apport de fumure organique directement au pied des plants est une utilisation économique d'un facteur de production limité pour la plupart des paysans. L'application de fumure organique dans les trous contribue à restaurer l'activité biologique, à améliorer la fertilité et à ameublir du sol.

Indications concernant l'usage

Les zaï sont creusés dans des terres marginales ou dégradées qui ne sont plus cultivées, par exemple les glacis à pente faible et terres encroûtées dans les zones à pluviométrie inférieure à 800 mm par an. Le zaï n'est pas recommandé sur les terres sablonneuses et dans les bas-fonds. Sur terre sableuse, les trous ne sont pas stables. Dans les bas-fonds, les zaï risquent d'être inondés. La technique du zaï est particulièrement intéressante dans les zones caractérisées par une forte pression de terre et elle permet de récupérer des superficies supplémentaires.

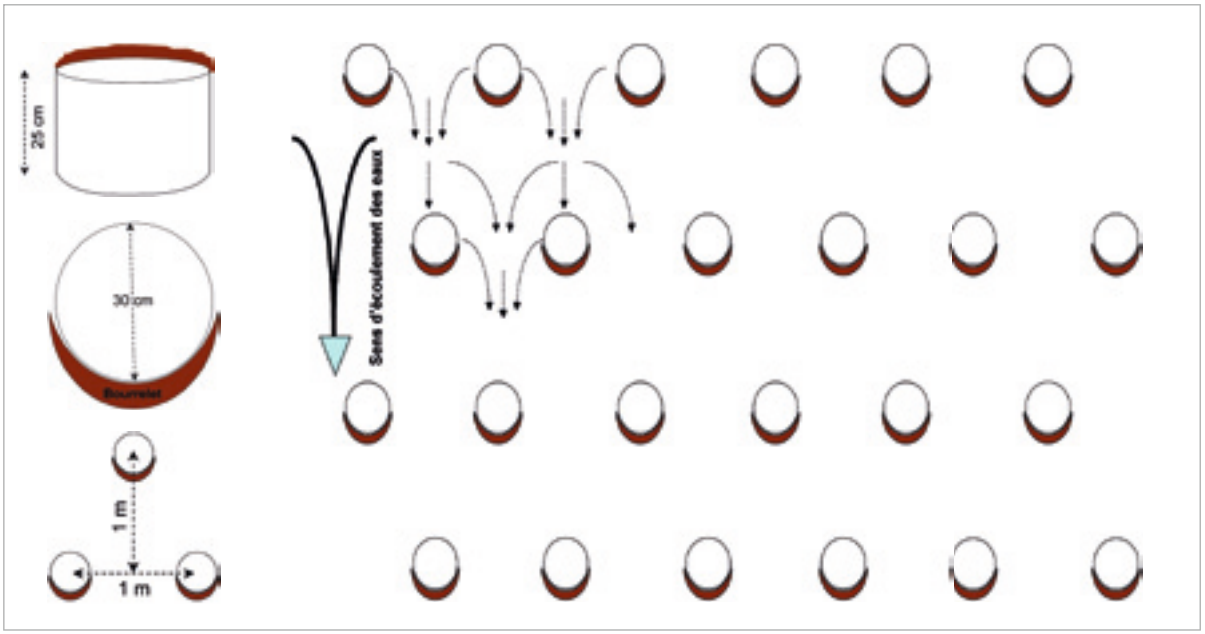
Potentiel d'adaptation au changement climatique

Dans le contexte du changement climatique, le zaï est particulièrement intéressant dans les zones à pluviométrie aléatoire et /ou le scénario 3 d'une période sèche. Il évite la perte de l'eau. La disposition du fumier dans les trous empêche qu'il soit emporté pendant les fortes pluies.

Effets agro-écologiques et socioéconomiques

En permettant de récupérer des terres dégradées et non cultivées, le zaï contribue à diminuer le besoin de défri-

Figure 14 : Conception des zaï Source : PASP (2003)



cher. Il diminue la vulnérabilité des plantes dans les périodes de sécheresse ou en cas de poches de sécheresse, et contribue à assurer la production et la sécurité alimentaires.

Selon les données du PASP au Niger, le zaï (y compris la fumure) produit en moyenne 409 kg/ha de grain de mil comparativement au 195 kg/ha du témoin, ce qui correspond à doubler le rendement.

La technique permet une utilisation rationnelle du fumier. Ce dernier, s'il est épandu superficiellement dans les champs sans zaï, risque d'être emporté par le ruissellement.

Défis techniques

Le zaï demande un travail manuel intensif. Les estimations varient de 40 à 60 jours-homme par ha, selon la densité des poquets. Il existe une technique de zaï mécanisé basée sur l'utilisation d'une charrue spéciale à traction animale, qui ramène à 7 le nombre de jours-homme par hectare. La documentation sur les expériences acquises avec le zaï mécanisé est très limitée.

Sur des sols légers, les poquets de zaï se comblent trop rapidement et sont déconseillés. L'utilisation de poudrette comme fumure risque de brûler le sol. Très riche en azote, la poudrette apporte peu d'éléments structurants au sol. La fumure mal décomposée (litière brute) attire des insectes nocifs et diminue la disponibilité des éléments nutritifs pour la culture. Les cultures peuvent ainsi souffrir d'un manque d'azote, de phosphore et d'autres éléments.

Facteurs de réussite

La réalisation des zaï sur des surfaces importantes demande une forte mobilisation des populations avec une organisation et une logistique importantes. Sinon, la technique est très simple et facilement maîtrisée par les exploitants.

Durabilité

Le zaï est une technique de récupération des terres abandonnées. Grâce à la technique du zaï appliquée tous les ans ou tous les deux ans (dans les mêmes trous ou en creusant des trous dans les espaces restant), la fertilité du sol est rétablie et le cycle de culture peut reprendre. L'application de la fumure organique en quantité suffisante permet une

exploitation durable de la parcelle. Au bout de cinq (5) ans, le champ peut être cultivé de façon classique.

Éléments de coût

Main d'œuvre : 40 à 60 personnes/jour/ha ;
- Traçage des lignes perpendiculairement à la pente ;
- Creusage des trous en ligne et en quinconce ;
- Constitution du bourrelet en aval ;
- Apport de fumure organique tous les deux ans (environ 1 à 2 poignées, soit environ 3 t/ha) ;

Autres coûts : 30 voyages de charrettes de fumier.

5.11 Bandes enherbées

Présentation de la technique

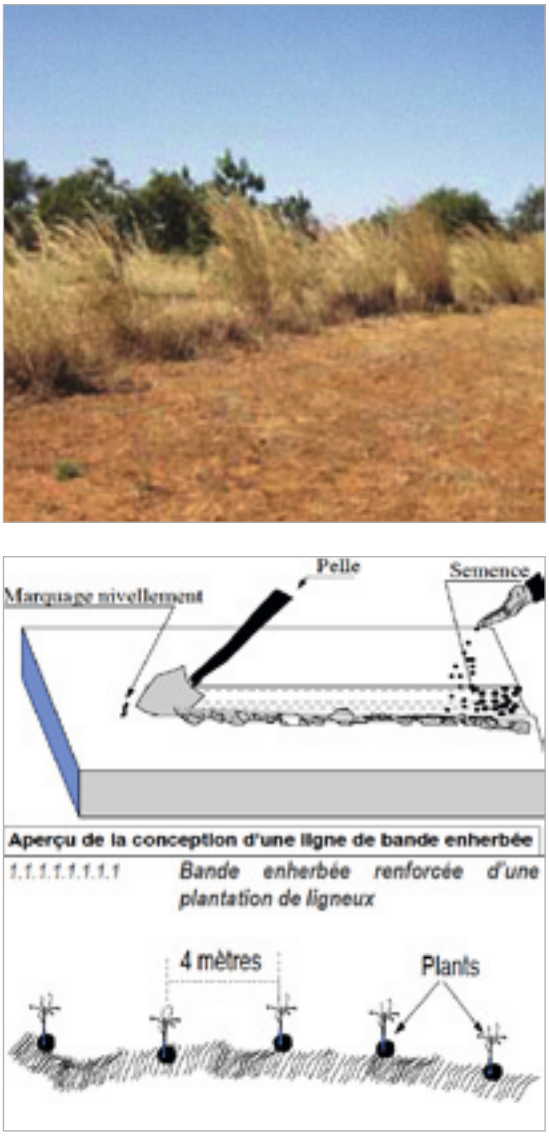
Sur des terrains à faible pente, des bandes enherbées d'une largeur de 0,80 m à 1 m sont établies avec un écartement de 20 à 80 m. Des herbacées locales (p.ex. *Andropogon gayanus, Cymbopogon schoenateus, Vetivera nigritiana*) sont semées ou des souches (plantules) sont plantées au début de la saison humide. Comme les cordons pierreux, les bandes enherbées sont implantées le long des courbes de niveau pour freiner les eaux de ruissellement, augmenter l'infiltration et retenir les sédiments. Les bandes enherbées grandissent avec la sédimentation, ce qui maintient l'effet de rétention d'eau contrairement aux ouvrages mécaniques (cordons, diguettes).

Le choix des herbes se fait en fonction des utilisations recherchées par les paysans (pailles, foins, confection des nattes, toitures des cases, construction de greniers en paille, balais etc.). Dans les zones d'embouche bovine et ovine, la végétalisation des bandes en plantes fourragères peut augmenter l'intérêt et l'acceptation de la mesure. Il est recommandé de combiner les bandes enherbées avec la régénération naturelle assistée en ligneux ou avec des arbres plantés.

Mode opératoire

Conçue comme mesure antiérosive, les bandes enherbées freinent le ruissellement de l'eau lors des fortes pluies. Elles favorisent une meilleure répartition de l'eau pluviale sur le terrain et son infiltration. Les bandes enherbées contribuent à une sédimentation en amont des bandes et diminuent ainsi l'érosion des couches fertiles du sol. Les racines des herbacées fixent la terre. Malgré une certaine compétition pour l'eau entre la végétation des bandes et les plantes de culture, l'effet positif sur le rendement domine. En même temps, les cultures sont protégées contre l'érosion éolienne.

Figure 15 : Les bandes enherbées.



Bande enherbée renforcée d'une plantation de ligneux

Indications concernant l'usage

C'est une technique conçue surtout pour les terres à vocation agricole mais aussi appliquée pour des zones pastorales si les plates sont protégées au moment de leur établissement. Les bandes enherbées sont indiquées en zones sahéliennes et soudaniennes dans une fourchette de pluviométrie de 400 à 1 000 mm/an sur les terrains à pente < 2%. Les unités écologiques suivantes se prêtent à cette mesure : terres dunaires, glacis, plaines (hauts glacis). Les bandes enherbées conviennent surtout pour les zones non caillouteuses à pluviométrie plus élevée.

Potentiel d'adaptation au changement climatique

Comme les cordons pierreux, les bandes enherbées diminuent aussi les effets néfastes des pluies fortes ou violentes, phénomènes qui devraient s'accentuer avec le changement climatique. Les bandes enherbées contribuent à une meilleure valorisation des eaux pluviales et une meilleure rétention d'eau dans le sol. Ce dernier effet est particulièrement important lorsque la saison hivernale est interrompue par des poches de sécheresse. Grâce à la végétation, les bandes enherbées contribuent à réduire la température du sol et ont également un effet positif contre l'érosion éolienne.

Effets agro-écologiques et socioéconomiques

Les bandes enherbées contribuent à créer une couverture végétale qui offre un refuge à la biodiversité. Comme la végétation freine les vents, de fines particules de terre s'accumulent à l'abri de la bande.

Au PASP, au Niger, le rendement des superficies aménagées en bandes enherbées (pure) a augmenté de 50 kg par hectare et par an pour le mil et de 125 kg pour la paille en comparaison avec des parcelles non traitées. Les rendements peuvent être considérablement accrus grâce à la combinaison des bandes enherbées avec fumier, paillage et parcage d'animaux. Les meilleurs résultats avec une augmentation moyenne de 280 kg de mil par hectare (et de 370 kg de paille/ha) ont été obtenus avec la combinaison du paillage et du parcage. Les bandes enherbées améliorent donc les rendements céréaliers et fourragers pour les animaux (paille plus herbes sur les bandes).

L'augmentation de la production améliore la sécurité alimentaire et l'alimentation du bétail. La paille récoltée sur les bandes enherbées sert à d'autres fins (clôtures, toitures) et permet des recettes grâce à la vente des produits traditionnels comme des nattes.

Défis techniques

La levée des herbacées n'est jamais uniforme, d'où le problème des bandes trouées dans lesquelles il faut semer à plusieurs reprises. Les bandes enherbées comportant des trous de végétation retiennent l'eau d'une façon incomplète et peuvent créer des rigoles par la concentration des eaux dans les endroits non végétalisés.

La végétalisation avec des souches d'herbacées comme l'Andropogon laisse, entre les souches, des espaces qui provoquent aussi des effets de buse et la formation de rigoles. Il faut donc que les souches soient bien disposées en quinconce et que la largeur des bandes soit suffisante.

Pour protéger les bandes enherbées du broutage des animaux lors de la première année, une surveillance du site est recommandée, ce qui exige une gestion rigoureuse des troupeaux des villages et/ou ceux de passage.

Certaines herbacées tendent à envahir les champs, ce qui impose le fauchage avant la fleuraison et un labour régulier des côtés de la bande pour la redresser et la délimiter.

Facteurs de réussite

Dans la région de Tillabéri, dans le nord du Niger, l'adoption des bandes enherbées varie fortement d'une zone à l'autre. Après trois campagnes de vulgarisation, une superficie totale de 4 674 hectares a été aménagée en bandes enherbées (toutes combinaisons comprises). Plus de la moitié a été aménagée dans la zone de Filingué (2 587 ha), suivie par Ouallam avec 1 042 hectares. Par contre, des superficies très restreintes de 228 hectares et de 817 hectares ont été aménagées à Tillabéri et Téra où l'acceptation de la technique a été faible.

Malgré leurs bons résultats en termes d'accroissement de la production et les effets sur le sol, les bandes enherbées n'ont été acceptées à grande échelle que dans le sud du Niger (Maradi, Zinder). Pour les paysans, les bandes enher-

bées peuvent être confondues avec des délimitations de champs.

La disponibilité suffisante de terre dans le sud du Niger peut être un autre facteur facilitant l'acceptation de la mesure. La superficie consacrée à l'établissement des bandes enherbées diminue la superficie des champs, ce qui peut freiner l'acceptation dans des zones où les terres sont limitées. La perte de superficie est compensée par un meilleur rendement en grain, en paille et en foin. Certaines herbacées (comme l'Andropogon gayanus) ont un effet nuisible sur les cultures voisines. L'acceptation de la mesure augmente avec l'exploitation systématique des bandes enherbées pour la production de paille ou de fourrage.

Dans le cadre du PDRT, au début les populations n'étaient pas favorables à l'application des bandes enherbées. Elles les considéraient comme des « mauvaises herbes » qui n'avaient pas leur place dans les champs. Avec le temps et des voyages d'échange à l'intérieur du pays, les populations ont commencé à accepter la technique.

Durabilité

Les bandes enherbées nécessitent un remplacement régulier des plants morts. Elles ont plus de chance d'être entretenues lorsqu'elles présentent un intérêt économique, par exemple si elles produisent du foin pour le bétail ou leur production peut être vendue comme fourrage ou matériel de construction.

Éléments de coût

Main-d'œuvre : 6 personnes/jour/ha ;
- Marquage des courbes de niveau ;
- Creusage de sillons de 10 à 15 cm de profondeur pour recevoir les semences ou éclats de souches ;
- Semis/plantation, de 1 à 4 lignes par bande

Entretien : 2,5 personnes/jour/an.
Autres coûts :
- Semences ou souches herbacées ;
- Petit matériel : niveau à eau.

5.12 Apport de matière organique (fumier, compost)

Présentation de la technique

Il existe deux méthodes d'apport de matière organique : (i) la fabrication de compost et (ii) l'utilisation de fumier. Le fumier provient des parcs améliorés ou d'étables où les animaux séjournent sur des litières.

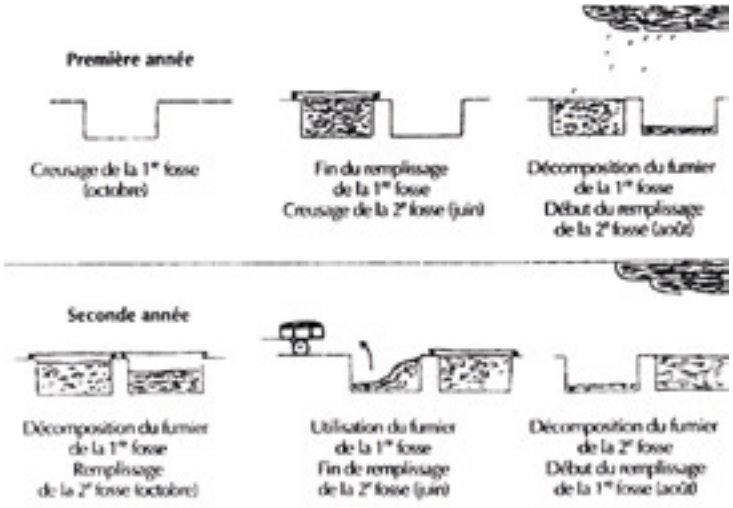
Le compost est fabriqué soit en saison sèche ou en hivernage. Des quantités de matériaux biodégradables sont traitées par une décomposition accélérée en les mélangeant avec les déjections des animaux ou par une décomposition lente lorsque seules les tiges de mil, de sorgho et d'autres végétaux sont utilisées. Les deux types de compost peuvent être enrichis de cendre et/ou de phosphate naturel.

Les matériaux biodégradables sont mis dans une fosse et – en saison sèche – arrosés de façon régulière jusqu'à la décomposition complète. Ensuite le compost est épandu sur le champ avant sa mise en culture. Selon le type du sol, des quantités de 6 t/ha tous les trois ans (sols lourds argileux), de 3 t/ha tous les deux ans (sols sablo-argileux) ou de 2 t/ha tous les ans (sols légers) sont recommandées.

Comparativement au compost, le fumier provenant de parcs améliorés ou d'étables n'est pas complètement décomposé. Sa décomposition s'effectue sur plusieurs années. Son application sur le champ présente quelques inconvénients et risques : comme la décomposition n'est pas terminée, car elle démarre seulement après les premières pluies, on constate une carence temporaire d'azote au niveau des cultures. Également, compte tenu de sa décomposition partielle, son application expose les plantes cultivées à certains parasites et au risque de brûlure. Néanmoins, l'utilisation de fumier est la pratique privilégiée par les paysans car elle demande moins de travail que le compost.

L'utilisation du compost et du fumier est recommandée en complément de toutes les mesures de CES/DRS et contribue à la valorisation maximale de ces investissements.

Figure 16 : Fabrication du compost Source : PASP (2003)



Mode opératoire

L'apport de matières organiques aux champs a trois effets majeurs : la restauration de l'activité biologique, l'amélioration de la fertilité par l'apport d'éléments nutritifs et une meilleure structure du sol grâce à l'augmentation de la matière organique. La meilleure structure du sol favorise l'infiltration de l'eau. Ces effets facilitent la croissance des cultures et augmentent les rendements. L'application régulière de fumier et/ou de compost en quantité suffisante contribue à l'intensification de l'agriculture et réduit ainsi le besoin d'agrandissement des surfaces cultivées.

Figure 17 : Application de fumier dans un champ avec cordons pierreux. Source : PATECORE

Indications concernant l'usage

Fumier : toute terre à vocation agricole.
Compost : surtout recommandé pour le maraîchage.
Potentiel d'adaptation au changement climatique
Grâce à leur meilleure capacité de rétention d'eau et leur meilleure fertilité, les sols traités avec du compost ou du fumier ont de meilleurs rendements et améliorent ainsi la sécurité alimentaire des ménage et leur résilience. En plus, la végétation plus dense qu'ils supportent et la meilleure structure des sols les rendent plus résistants à l'érosion hydrique et éolienne.

Effets agro-écologiques et socioéconomiques

Le compost et le fumier améliorent les rendements et la production, et par conséquent la sécurité alimentaire et, en cas de surplus de production commercialisables, les revenus.

Défis techniques

La disponibilité de quantités suffisantes de fumier ou de compost fait souvent défaut.
Compost : un arrosage suffisant est nécessaire pendant la saison sèche pour atteindre une température propice à la décomposition de la biomasse.

Facteurs de réussite

Fumier et compost : le transport du fumier /compost est une difficulté pour les catégories pauvres de paysans ne disposant pas de charrettes. Cela pose surtout problème pour les champs éloignés du village (champs de brousse).

Compost : la nécessité de disposer d'une source d'eau proche, ainsi que le besoin de main-d'œuvre, limite l'intérêt du compostage en saison sèche.

Durabilité

Selon les conditions du sol et la disponibilité du fumier et du compost, la dose varie de 2 t/ha tous les ans à 6 t/ha tous les 3 ans.

Éléments de coût

Production du compost :
- construction des fosses ou bassins ;
- eau ;
- petit matériel (pelle, brouette, etc.) ;

Utilisation du compost :
- transport au champ avec charrette (100 kg par charrette asine) ;
- transport au champ sur la tête (20 kg par panier) ;
- épandage sur le champ (main-d'œuvre).

5.13 Paillage (mulching)

Présentation de la technique

Pour le paillage (également appelé mulching), les tiges de mil, de sorgho, etc., sont épandues sur le champ après la récolte. Par hectare, une quantité d'environ 2 t par an est recommandée, ce qui correspond à 2 à 3 tiges par m2. La technique peut être combinée avec toutes autres techniques antiérosives comme par exemple les cordons pierreux ou les bandes enherbées.

Figure 18 : Paillage des champs. Source : PASP (2003)

Paillage avec tiges de mil

Paillage en combinaison avec cordon de pierres

Mode opératoire

Étalées directement au début de la saison sèche, les tiges diminuent l'évaporation de l'eau du sol et font obstacle à l'érosion éolienne en retenant la couche fine du sol et en captant les poussières riches de l'harmattan. Grâce au travail des termites, les tiges et branchages sont décomposés et incorporés au fur et à mesure dans le sol, contribuant ainsi à sa fertilisation et sa structuration. Cette technique permet de récupérer des zones non fertiles dans le champ. Les reliquats des tiges favorisent également l'infiltration des eaux et la conservation de l'humidité dans le sol pendant la saison de pluie et protègent contre l'érosion hydrique.

Indications concernant l'usage

Toute terre à vocation agricole.

Potentiel d'adaptation au changement climatique

La couverture du sol par la paille le protège contre l'érosion éolienne et hydrique et apporte des éléments nutritifs. Le paillage a un effet positif sur les rendements et contribue ainsi à la sécurité alimentaire des ménages. Il atténue les effets du changement climatique et de la plus grande variabilité des pluies.

Effets agro-écologiques et socioéconomiques

La technique aide à récupérer des endroits nus à l'intérieur des champs. Elle améliore les propriétés physiques et chimiques du sol et redynamise l'activité biologique.
Au Niger, le PASP a comparé l'effet des aménagements en cordons pierreux seuls avec ceux des aménagements en cordons plus paillage, sur des parcelles non traitées. Avec les cordons pierreux seuls, le rendement en grain de mil était en moyenne de 266 kg/ha contre 395 kg/ha pour les cordons pierreux plus paillage. On estime que la différence de 129 kg est un résultat du paillage.

Défis techniques

On constate que la concurrence entre plusieurs utilisations des résidus de la récolte est devenue très aigüe. La paille sert comme fourrage, comme matériel de construction ou pour le paillage. Aujourd'hui, on constate que la paille est de plus en plus systématiquement collectée et stockée comme réserve de fourrage pendant la saison sèche.

Les résidus de la récolte sont souvent source de conflits entre éleveurs et agriculteurs. Au Niger, dans chaque région, la date d'ouverture des champs est fixée par les représentants des différents utilisateurs et par l'État.

Facteurs de réussite

Cette technique s'applique sur champ individuel. Généralement, les tiges de mil et de sorgho sont broutées par les animaux ou coupées et transportées pour servir aux animaux d'embouche lors de la saison sèche. La technique s'applique là où il y a suffisamment de fourrage pour les troupeaux.

Durabilité

Mesure à reproduire chaque année.

Éléments de coût

- Travail du paillage : 1,5 personne/j/ha ;
- Paille pour le mulching : (2 t/ha/an).

Récolte du mil © GIZ / Klaus Wohlmann

5.14 Régénération naturelle assistée

Présentation de la technique

La régénération naturelle assistée (RNA) est une technique agro-forestière qui consiste à protéger et entretenir les espèces ligneuses poussant naturellement dans un champ ou dans des espaces sylvo-pastoraux. Il s'agit de sélectionner et de laisser des jeunes pousses naturelles et de les matérialiser à l'aide de piquets. Dans les champs, une densité de 60 à 80 pieds par ha est recommandée. Il est important de protéger les jeunes pousses contre le broutage des animaux durant les premières années pour réussir. Les jeunes plantes sont taillées périodiquement pour stimuler leur croissance et pour dépasser rapidement la hauteur exposée au broutage.

Le choix des essences d'arbres se fait en fonction des objectifs poursuivis par les paysans (pâturage aérien pour les animaux, ventes des fruits ou des sous-produits (karité, néré, pharmacopée, etc.). La technique ne demande pas d'investissement, le travail mis à part, et peut être appliquée par tous les propriétaires de terrain.

Mode opératoire

Les racines des ligneux et la chute des feuilles contribuent à la stabilisation des terres et diminuent l'érosion hydrique des terrains. Selon l'espèce d'arbre, il y a un effet fertilisant du sol. Des légumineuses (par ex. Faidherbia albida) enrichissent le sol en azote. Les autres espèces font circuler les nutriments du sous-sol dans la couche superficielle du sol par la chute des feuilles. L'ombrage des arbres réduit la température du sol et l'évapotranspiration des cultures.

Indications concernant l'usage

Pas de restriction.

Potentiel d'adaptation au changement climatique

La RNA est d'un intérêt particulier dans le cadre de l'adaptation au changement climatique. Selon les prospectives concernant le changement climatique, la zone du Sahel doit s'attendre à une augmentation de 3,5°C en moyenne, ce qui aura également des effets à la hausse sur la température du sol. Les arbres (surtout à port géant) diminuent la température du sol et ainsi le stress hydrique pour les plantes. En plus, ils freinent les vents forts et protègent contre l'érosion hydrique et éolienne.

Effets agro-écologiques et socioéconomiques

L'effet environnemental de la RNA dépend en grande partie de la densité des essences ligneuses utilisées. La réintégration des arbres et arbustes dans un écosystème quelconque a des effets écologiques positifs et améliore et protège le sol. Cette végétation offre de l'abri et du fourrage pour la faune et fait partie de la biodiversité.

Les arbres ont des effets positifs sur les rendements des cultures lorsqu'ils n'entrent pas en compétition pour l'eau. En plus, ils offrent des produits et sous-produits comme du bois, des fruits et feuilles, du fourrage, produits pour la pharmacopée et autres. Par exemple, la *Faidherbia albida* n'a pas de feuilles en saison pluviale, ce qui favorise l'agriculture. En saison sèche, elle est verte, ce qui crée des endroits de repos pour les animaux. La chute des feuilles fertilise le sol.

Dans les champs, les arbres aident les propriétaires pendant la période de soudure à subvenir aux besoins familiaux. On utilise le bois, les feuilles, les gousses et les fruits.

Défis techniques

Il y a deux défis fondamentaux liés à la RNA. Premièrement, lors de la saison sèche, la divagation des animaux qui réduisent souvent à néant les efforts fournis par les paysans en termes de RNA. Deuxièmement, dans certains milieux, l'accès aux fruits, feuilles, gousses, etc., produits par les arbres est libre, ce qui est un facteur démotivant pour s'investir dans la RNA.
Dans certaines zones, seul le propriétaire de la terre peut introduire des arbres dans un champ.

Facteurs de réussite

La RNA s'applique surtout aux champs individuels où la surveillance et l'entretien sont plus faciles. Elle a besoin d'un cadre légal foncier très claire pour être appliquée. Dans les années 1990, le PDRT, au Niger, a formé des paysans au taillage de leurs arbres. Pourtant, les agents forestiers appliquaient la loi selon laquelle une amende

Jeunes hommes récoltant des tomates © GIZ / Wohlmann

était appliquée aux paysans pour chaque branche coupée. Le changement de la loi a permis aux paysans d'utiliser les produits de leurs arbres a favorisé la diffusion de la technique.

Les études scientifiques ont constaté une réussite de la RNA dans les zones de forte densité de population et de forte dégradation de la terre, comme dans les régions de Zinder et Maradi, au Niger, où une superficie d'environ 10 millions d'hectares a été reverdie par la RNA durant les dernières 30 ans (Botoni & Reij, 2009).

Durabilité

La RNA contribue à une agriculture durable. Parmi les techniques vulgarisées par les projets de développement, la RNA est une technique très bien acceptée. Elle n'a pas besoin d'une organisation poussée pour sa mise en œuvre et elle n'est pas coûteuse.

Éléments de coût

Main d'œuvre : 5 personnes/jour/ha ;

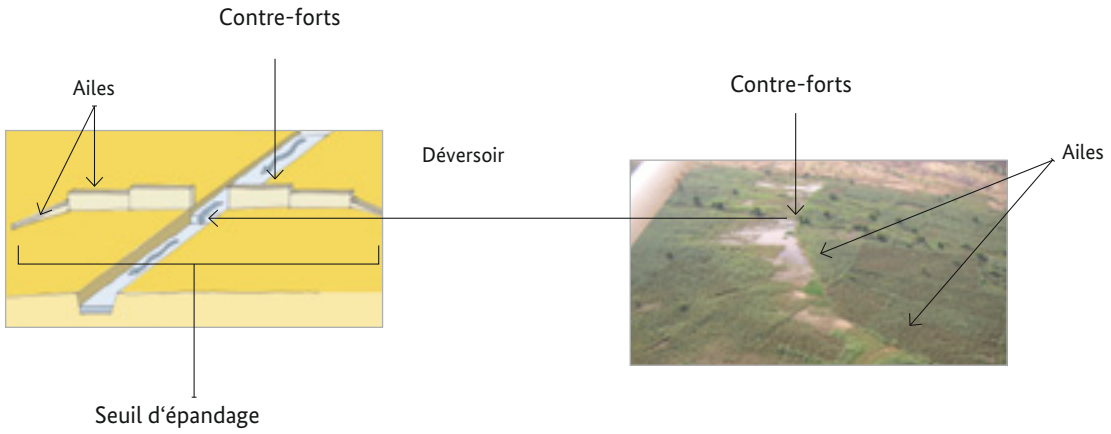
- Coûts de sensibilisation, formation et diffusion ;
- Plus tard, pour l'élagage : ciseaux.

5.15 Seuils d'épandage

Présentation de la technique

La technique des seuils d'épandage a été développée au Burkina Faso, Niger et Tchad vers la fin des années 1990 et au début des années 2000. Les seuils d'épandage sont des ouvrages de régulation des crues au niveau des cours d'eau de moyenne importance et des bas-fonds dégradés et peu encaissés avec un lit mineur marqué. Les seuils sont construits avec des matériaux locaux et comprennent un déversoir au milieu, des contreforts à côté du déversoir, et des ailes pour épandre les eaux sur une large superficie. Pour inverser le processus de dégradation dans une vallée, une réhabilitation intégrale des parties dégradées de la vallée est exigée. C'est pourquoi la technique demande une vue de l'ensemble d'une vallée pour identifier les causes de la dégradation. Pour rétablir le régime hydrique d'une vallée dégradée, des séries de plusieurs seuils sont généralement nécessaires.

Figure 19 : Éléments des seuils d'épandage. Source : Bender (2011)



Mode opératoire

Les seuils d'épandage freinent les crues dans les vallées et répartissent l'eau sur une grande superficie où l'eau peut s'infiltrer. Les crues des cours d'eau sont ainsi régulées, ce qui diminue l'érosion et la perte de l'eau. Parallèlement, des sédiments améliorent la fertilité des sols et la nappe phréatique est rechargée.

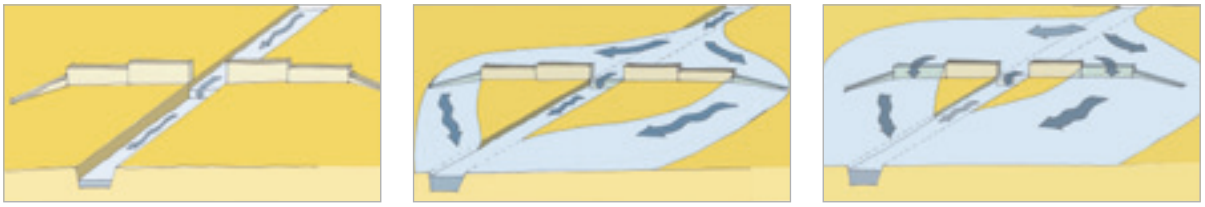
Lorsque l'écoulement est faible dans la vallée, toute l'eau passe par le déversoir. Avec des crues moyennes, l'eau est guidée vers les extrémités et franchit les ailes extérieures peu élevées. Au moment des crues plus importantes, l'eau franchit également les ailes plus hautes. En aval, les eaux retrouvent finalement le lit majeur pour s'écouler.

Les seuils d'épandage contribuent à une récupération et une réhabilitation des terres dégradées et à la restauration du couvert végétal. L'eau s'écoulant des vallées est ainsi mise au profit de l'agriculture, de l'élevage et de la sylviculture.

Indications concernant l'usage

Pour 90% des vallées de la zone sahélienne, les seuils d'épandages conviennent bien comme mesures d'aménagement. Ils sont très utiles dans des vallées larges de moyenne importance et fortement dégradées.

Figure 20 : Fonctionnement des seuils d'épandage. Source : Bender (2011)



Potentiel d'adaptation au changement climatique

Cette technique a beaucoup de potentiel pour deux scénarios :

- Avec leur effet distributeur, les seuils d'épandage distribuent l'eau du bassin versant sur une large surface au fond de vallée. Cela favorise une meilleure exploitation des eaux dans les périodes de faible pluviométrie (scénario 3), pendant les poches de sécheresse et en cas de l'arrêt précoce des pluies.
- Pendant les périodes humides (scénario 2) et /ou des épisodes de fortes pluies, les seuils d'épandage, grâce à leur effet de ralentissement de l'écoulement de l'eau, peuvent contribuer à éviter ou réduire le ravinement et l'érosion des bords, et contribuer à protéger les zones en aval.

Effets agro-écologiques et socioéconomiques

Grâce à l'infiltration de quantités très importantes d'eau, les seuils d'épandage font remonter les nappes phréatiques de plusieurs mètres et améliorent les conditions écologiques des zones voisines, ce qui entraîne un rétablissement du couvert végétal avec des effets positifs sur la biodiversité.

Au Niger, jusqu'en 2010, la Coopération allemande a aménagé des seuils d'épandage sur 10 000 hectares de vallées. Les rendements de sorgho et de mil ont augmenté de 50 à 100% par ha, passant de 400 kg à 800 kg par ha. La production de sorgho a été multipliée par un facteur de 10 à 15 dans les zones aménagées. Comme les seuils d'épandage font remonter le niveau de la nappe phréatique, ils permettent la mise en valeur (et même la récupération d'anciens sites) des endroits favorables au jardinage et au maraîchage, ce qui permet deux à trois cycles de production par an. Les produits servent comme complément de l'alimentation et peuvent être commercialisés (notamment les produits du maraîchage).

La corvée d'eau pour les femmes a été réduite de plusieurs heures par jour. Le jardinage génère un revenu supplémentaire pour les charges familiales, notamment les dépenses pour la scolarité et la santé. Les cultures de contre-saison offrent du travail pendant toute l'année, ce qui réduit la migration temporelle.

Figure 21 : Effets des seuils d'épandage. Source : Bender

Défis techniques

Cette technique exige des études préliminaires de qualité pour concevoir le système. La complexité de l'aménagement augmente avec le niveau de dégradation des vallées. L'aménagement des vallées très dégradées exige une longue expérience et des adaptations techniques progressives.

L'évaluation du FICOD en 2010 a souligné le problème d'ensablement sévère des vallées lorsque les terrains en amont du bassin versant ne sont pas suffisamment aménagés par des mesures complémentaires.

Facteurs de réussite

Considérer une vallée dans l'ensemble du bassin versant, décider du bon emplacement des seuils, mobiliser la capacité technique et financière, exécuter les travaux et entretenir les ouvrages nécessitent un degré d'organisation élevé qui, en général, n'est possible qu'après des formations intensives assurées par un partenaire technique.

Durabilité

Pour rendre les effets des seuils d'épandage durables, des aménagements du bassin versant en amont sont obligatoires, pour éviter l'ensablement.

Les ouvrages, s'ils sont de bonne qualité, résistent au temps avec un certain niveau d'entretien. Des réparations plus importantes dépassent les capacités des communautés, raison pour laquelle la maîtrise d'ouvrage est aujourd'hui le plus souvent donnée aux communes. Mais cela ne constitue pas encore une solution satisfaisante dans la mesure où, dans la plupart des pays du Sahel, les communes sont encore des institutions faibles. La reproduction autonome des ouvrages sans aide extérieure est très faible.

Éléments de coût

Les coûts d'aménagement de seuils d'épandage reviennent à 0,25 à 1,5 millions de FCFA[11] par hectare.

Main-d'œuvre locale :
- 1 équipe de 25 personnes pendant 2 à 3 mois selon la taille de l'ouvrage.

Camions pour le transport des pierres :
- 150 à 200 voyages (multi-benne de 4,5 m^3) à raison de 10 à 15 voyages par jour.

Coûts de construction :
- 1 seuil moyen de 50 m de longueur et 1 m de hauteur avec ailes de 200 m : 15 millions de FCFA avec bassin ;
- 1 seuil de 100 m de longueur et 1 m de hauteur : 30 à 32 millions de FCFA avec bassin ;
- le m^3 de maçonnerie à 25 000 FCFA / m^3 ;
- le m^3 de bassin à 15 000 FCFA / m^3.

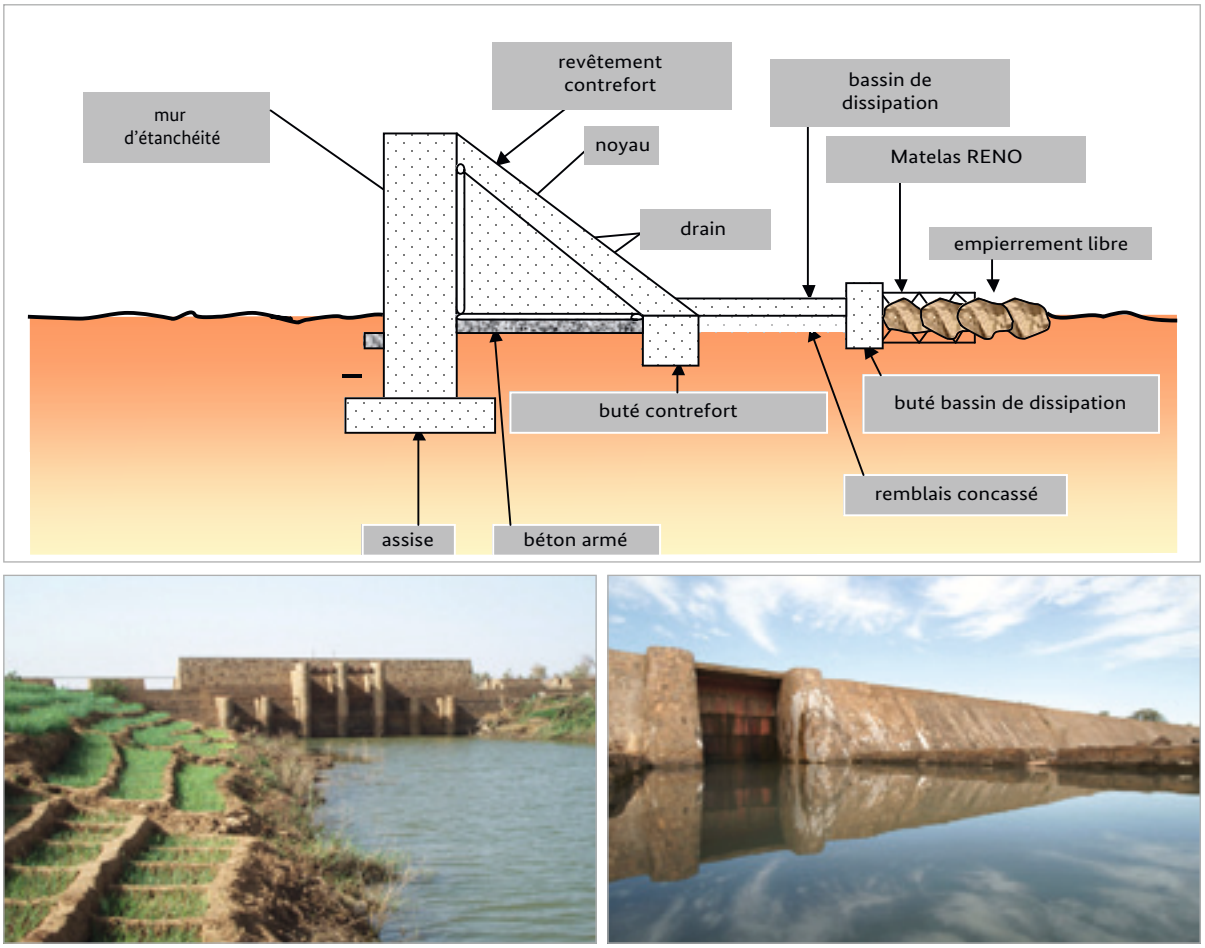
5.16 Micro-barrages

Présentation de la technique

Les micro-barrages sont des barrages de dimension moyenne construits dans les bas-fonds pour retenir l'eau des écoulements permanents ou temporaires. Leur longueur varie souvent entre 100 et 200 m et la hauteur du mur ou de la digue entre 2 et 4 m. Les micro-barrages créent des retenues d'eau permanentes ou temporaires en amont, avec des superficies allant souvent de 5 à 15 hectares. Les micro-barrages sont dotés de contreforts et d'un bassin de dissipation. Selon les conditions locales, les micro-barrages sont construits avec des pierres taillées jointoyées avec du mortier ou avec du béton. Les digues peuvent être en terre battue ou renforcées par des pierres. Quelques barrages sont construits sous forme de ponts-barrages pour permettre la traversée d'un bas-fond. L'effet sur la nappe souterraine dépend de la profondeur à laquelle l'ouvrage est ancré. Plus les fondations sont profondes, plus l'eau souterraine est retenue. Parfois des barrages sont dotés de géo-membranes s'étendant sur une grande profondeur pour stocker davantage l'eau souterraine.

11 1 € ~ 650 FCFA

Figure 22 : Barrages en pierres maçonnées Source : PIPRO-DB



Mode opératoire

Pendant les pluies, l'eau s'accumule progressivement derrière la digue. Le barrage augmente la disponibilité de l'eau de surface pendant la saison de pluie et de l'eau souterraine pendant la contre-saison. L'exploitation agricole se fait en amont et en aval, en saison de pluie et en contre-saison. Pendant la saison des pluies, les superficies sont exploitées en riziculture et les alentours du plan d'eau sont utilisés pour d'autres cultures (cultures de décrue). Grâce à la nappe phréatique, les puits maraîchers sont alimentés et permettent le maraîchage pendant la contre-saison. Deux à trois cycles de cultures sont ainsi possibles. Les barrages augmentent la superficie agricole exploitable, les rendements et la production. L'eau sert aussi pour l'abreuvement des animaux, la pisciculture et parfois des besoins domestiques.

Un comité de gestion gère la fermeture et l'ouverture des batardeaux. Il organise l'entretien de l'ouvrage et la mise en place des mesures additionnelles pour la protection de l'ouvrage en gabions et cordons pierreux et collecte et gère l'argent pour l'entretien. Il organise les réunions des producteurs.

Indications concernant l'usage

Les barrages se prêtent bien aux vallées encaissées qui permettent de stocker un important volume d'eau avec une infrastructure de longueur réduite. Les vallées larges à faible pente conviennent moins bien car elles exigent de très longues digues dont le coût est élevé.

Potentiel d'adaptation au changement climatique

Les barrages forment des réserves d'eau. Lorsque la pluviométrie est déficitaire ou pendant les périodes sèches intermédiaires, les barrages retiennent l'eau pour les cultures et la durée propice du cycle de culture. En cas d'échec des cultures pluviales, la production des bas-fonds peut atténuer les pertes. Pendant les années humides, les barrages permettent de réguler l'eau en évitant des crues violentes et des dégâts sur les terres en aval.

Pendant la saison sèche, la montée du niveau des nappes permet un deuxième, voire un troisième cycle de culture, ce qui améliore la disponibilité des produits alimentaires, assure des revenus aux producteurs et garantit l'occupation des producteurs pendant toute l'année.

Effets agro-écologiques et socioéconomiques

L'eau retenue par les micro-barrages permet de produire sur une plus grande superficie dans les bas-fonds et avec de meilleurs rendements pendant la saison pluviale et la contre-saison. La production vivrière et maraîchère augmente significativement. L'intensité élevée de la production crée de l'emploi pendant toute l'année, ce qui stabilise les populations locales, augmente les revenus et améliore le cadre de vie.

La montée du niveau des nappes phréatiques ne sert pas seulement à la production végétale. La corvée d'eau des femmes et l'abreuvement des animaux deviennent plus faciles. Autour des barrages, on constate une reprise de la végétation naturelle et un retour de la biodiversité.

Défis techniques

Les micro-barrages exigent une planification et réalisation technique de haute qualité pour éviter des dégâts conséquents. Par la suite, l'entretien et la mise en valeur de l'investissement ont besoin de comités de gestion bien organisés pour assurer efficacement la campagne agricole et les travaux d'entretien.

Pendant la planification, la situation de la vallée en amont et en aval avec ces utilisateurs doit être prise en compte. Notamment, en période de sécheresse, la gestion de l'eau doit veiller à ce que les zones en aval aient suffisamment d'eau. En cas de barrages en cascade, un comité inter-barrage peut être nécessaire pour gérer la distribution d'eau et éviter des conflits entre les usagers des différents barrages.

Facteurs de réussite

En dehors des conditions naturelles et techniques favorables, c'est le contexte socio-économique qui est important pour la mise en valeur efficiente des micro-barrages. Notamment les questions foncières doivent être bien réglées avant la réalisation. Il faut savoir qui est propriétaire des terres du bas-fond et qui a le droit d'utilisation après la construction et pour quel type d'utilisation et sous quelles conditions.

La maîtrise d'ouvrage et les questions d'entretien sont à préciser. Si, aujourd'hui, le maître d'ouvrage est généralement la commune, la gestion est souvent déléguée à un comité de gestion.

La prise en compte de tous les usagers et notamment des éleveurs est une obligation pour éviter les conflits dans l'exploitation. Il faut prévoir les couloirs d'abreuvement pour éviter que les animaux fassent des dégâts sur les cultures.

Tout cela demande une approche participative qui implique tous les intervenants et usagers, au niveau de la planification, la réalisation, l'exploitation et l'entretien. L'engagement des bénéficiaires se traduit par leur participation physique et/ou financière à l'investissement. Toutes les étapes entre la planification, l'exploitation et l'entretien demandent un accompagnement intensif avec des formations techniques et organisationnelles, ainsi que le suivi de leur application.

Une fois le micro-barrage entré en production, la conservation des produits et leur écoulement sur le marché deviennent des facteurs de réussite. Des mesures d'accompagnement (magasins de stockage, aires de séchage ou voies d'acheminement de la production, par exemple) sont à prévoir dès le début et des contacts avec les commerçants sont à établir. Seule une production répondant à la demande du marché se commercialise facilement.

Durabilité

Les micro-barrages bien construits ont une durée de vie d'au moins 50 ans si un minimum d'entretien est assuré. L'exploitation et la gestion durable dépendent directement de l'approche participative. Selon les conditions naturelles du bassin versant, les micro-barrages demandent des mesures CES supplémentaires pour les protéger contre l'ensablement venant de l'amont.

Éléments de coût

Les coûts des micro-barrages varient fortement selon les conditions physiques, la taille et la disponibilité des matériaux locaux. Au pays Dogon, au Mali, le PDRT a construit des barrages en béton cyclopéen avec un coût moyen d'environ 20 millions de FCFA et un coût à l'hectare de 3 à 5 millions de FCFA. La rentabilité interne des barrages construits a été en moyenne de 17% (Nill & Kobilke, 2002). Les barrages plus importants construits dans le Bélédougou atteignent des coûts d'environ 100 à 140 millions de FCFA. Helvetas/ Swiss Intercooperation rapporte des coûts d'environ 20 millions de FCFA pour des superficies de 10 à 80 hectares (PASSIP, 2012).

5.17 Périmètres irrigués villageois

Présentation de la technique

Les périmètres irrigués villageois (PIV) sont des superficies de 20 à 40 hectares délimitées par des digues en terre de faible hauteur. L'aménagement comprend un bassin de dissipation qui reçoit les eaux de la motopompe, un canal principal, des canaux secondaires et des rigoles d'arrosage. Les PIV permettent la maîtrise totale de l'eau, par l'utilisation d'une motopompe comme moyen d'exhaure. Les canaux sont construits en terre, avec un revêtement ponctuel en perré maçonné sur les tronçons où l'infiltration est importante. Les ouvrages sont faits en béton. L'irrigation des PIV demande une source d'eau, raison pour laquelle ils se trouvent généralement le long des fleuves et à côté de plans d'eau permanents.

Au Mali, des PIV ont été construits après les sécheresses des années 1970 dans le cadre de nombreux projets de développement pour augmenter la production du riz et du blé. De 1996 à 2010, par exemple, l'IPRODI a construit 450 PIV dans le nord du Mali, soit une superficie irriguée de plus de 13 000 ha avec 55 000 producteurs. La technique permet donc la mise en valeur à faible coût de terres non irriguées pour répondre à une forte demande de la population par rapport à l'augmentation de la production agricole et à l'amélioration de leurs conditions de vie.[12]

Mode opératoire

Le PIV utilise l'eau des sources voisines qui est pompée dans le périmètre avec un groupe motopompe mobile. L'eau est pompée dans le bassin de dissipation et entre par gravitation dans le canal primaire et dans les canaux secondaires et tertiaires jusqu'aux parcelles des utilisateurs individuels.

12 Source d'information : IPRODI et http://www.programm-mali-nord.de/home.html

Figure 23 : Construction et exploitation des périmètres irrigués villageois au Mali Source : IPRODI

Pour la planification et la construction des périmètres, l'achat et l'installation des groupes motopompes (avec participation financière), les outils et la constitution d'un fonds de démarrage de la première saison, les bénéficiaires sont soutenus par des projets. Deux mécaniciens sont formés pour chaque périmètre. L'exploitation et l'entretien sont assurés par les bénéficiaires et leur comité de gestion. Une parcelle d'un quart d'hectare est attribuée à chaque « bras valide » qui a participé aux travaux. La superficie totale attribuée à chaque famille dépend du nombre de bras valides.

La sélection des périmètres à aménager se base sur une demande déposée par la communauté par l'intermédiaire de la commune. Une étude de préfaisabilité détermine les sites potentiellement appropriés. Le choix final se fait avec les autorités régionales et communales, les villages concernés, et selon les ressources financières disponibles. Les bénéficiaires participent à la construction selon une approche de haute intensité de la main-d'œuvre. Pendant l'exploitation, les producteurs sont accompagnés pendant un certain temps par les services techniques qui vulgarisent des pratiques agronomiques adaptées.

Indications concernant l'usage

Les PIV conviennent pour les sites disposant d'une source d'eau pérenne et présentant une faible différence entre le niveau de l'eau et celui des périmètres pour réduire les frais de pompage. Au Mali, on trouve de nombreux PIV dans le delta intérieur et sur les rives du Niger.

Potentiel d'adaptation au changement climatique

Les PIV sont un moyen efficace d'augmenter la superficie irrigable et la production. La maîtrise totale de l'eau les rend pratiquement indépendants des variations pluviométriques tant que la source d'eau est disponible. Ils garantissent ainsi la production vivrière et l'alimentation du bétail par la paille.

Effets agro-écologiques et socioéconomiques

Les PIV créent de nouveaux espaces irrigués et permettent des rendements élevés d'environ 6 t de riz à l'hectare. Avec, pour le riz paddy, un prix moyen de 125 FCFA le kilo, on arrive à une valeur de la production de 750 000 FCFA par hectare. Le bénéfice est estimé à 300 000 FCFA/ha. Sur quelques sites, un deuxième cycle de culture est possible. D'autres sont utilisés pour la production de cultures maraîchères comme l'oignon, la tomate et des condiments. Après la récolte, les périmètres servent au pâturage des animaux.

Défis techniques

La planification (études topologiques et pédologiques) et la réalisation de l'infrastructure doivent être de bonne qualité pour éviter les fractures sur le bassin de dissipation et le canal principal et la répartition inégale de l'eau au sein du périmètre. Le plus grand risque est lié aux pannes des groupes motopompes qui nécessitent un service de réparation et d'entretien local avec un stock de pièces de rechange pour intervenir dans les cas où les mécaniciens du périmètre sont dépassés.

Facteurs de réussite

Comme toute solution technique, les PIV type IPRODI nécessitent une bonne qualité technique et, pendant la phase d'exploitation, une bonne gestion et un bon niveau d'entretien. Cela dépend essentiellement de la fonctionnalité du comité de gestion qui assure les travaux d'entretien et organise l'approvisionnement en intrants (semences, engrais, carburant). Le bon fonctionnement du groupe motopompe et son entretien par les mécaniciens sont un facteur de réussite primordial.

Lors de la répartition des parcelles, les personnes ayant participé aux travaux d'aménagement sont privilégiées dans l'attribution des parcelles. Pour assurer l'achat du carburant et faire des réparations, le comité de gestion doit disposer d'un fonds de roulement et d'entretien. Pour cette raison, les producteurs sont tenus de payer une redevance de sept sacs de riz paddy (environ un tiers de la récolte) qui permet aussi de remplacer les groupes motopompe au bout de quelques années. Les espaces aménagés peuvent devenir source de conflits après l'aménagement. Le diagnostic pendant la phase d'identification et de planification doit tenir compte des conflits existants et potentiels.

Durabilité

Les PIV les plus anciens de l'IPRODI au Mali ont 15 ans. Ils sont encore productifs et en bon état. Les faibles coûts d'investissement et d'entretien ainsi que la bonne appropriation des techniques d'exploitation par les producteurs indiquent une bonne durabilité. Les bénéficiaires sont en mesure de financer le remplacement des motopompes usées avec leurs propres épargnes et sont en train d'étendre les aménagements sur fonds propres. Néanmoins, la durabilité dépend de l'approche participative d'introduction et de gestion.

Éléments de coût

Le coût d'aménagement des PIV est d'environ 1,5 million de FCFA par hectare.

6 Annexe : Bibliographie

AMOUKOU, Ibrahim A. (2009) : Un village nigérien face au changement climatique. Stratégie locale d'adaptation au changement climatique dans une zone rurale d'un bassin du Niger. Publié par l'autorité du Bassin du Niger et la GTZ. Niamey.

BENDER, Heinz (2011) : Flussschwellen zur Überflutung von Talsohlen. Technisch-ökologischer Teil. KfW, Frankfurt.

BMZ, GIZ, KfW (2012) : Seuils d'épandage pour la valorisation des vallées d'oued dégradées. Expériences du Sahel.

BOTONI, Edwige ; REIJ, Chris (2009) : La transformation silencieuse de l'environnement et des systèmes de production au Sahel : impacts des investissements publics et privés dans la gestion des ressources naturelles. Centre for International Cooperation (CIS) ; Comité Inter-État de lutte contre la sécheresse dans le Sahel (CILSS), Amsterdam et Niamey.

GTZ (2007) : Evaluation ex-post 2006. Programme Sahel Burkinabè, Burkina Faso. Rapport de synthèse. Effectué par Arnold Bergsträsser Institut. Eschborn.

HIERNAUX, Pierre (2010) : Rapport de consultant ; 9 au 17 février et 13 au 19 avril 2010 ; Toulouse.

KABORÉ, Daniel ; REIJ, Chris (2004) : The emerging and spreading of an improved traditional soil and water conservation practice in Burkina Faso. Environment and Production Technology Division (EPTD). EPTD-Discussion Paper; No 114, IFPRI, Washington.

KLEIN, Richard J. T. (2003) : Adaptation to climate variability and change : What is optimal and appropriate? In : Guipponi C. and Schechter (eds) : Climate Change in the Mediterranean. Socio-economic perspectives and impacts, vulnerability and adaptation. Cheltenham : 32 – 50.

KUNZE, Dorothee (2001) : Methods to evaluate the economic impact of water harvesting. In : FAO : La collecte des eaux de surface en Afrique de l'Ouest et du Centre. Accra, Ghana et Actes d'un atelier régional à Niamey, Niger en Octobre 1999.

KUSSEROW, Hannelore (2010) : Suivi de l'impact des mesures antiérosives et de l'état des ressources naturelles dans la région de Tahoua et Tillabéri – Phase II. Rapport final. Berlin.

NILL, Dieter ; KOBILKE, Helmut (2002) : Effets des interventions du projet de réhabilitation des barrages et pistes (PRBP).

NILL, Dieter (2005) : Étude portant sur les aménagements des eaux et des sols (CES) du PATECORE / PLT et leurs impacts – notamment sur les rendements. Sans lieu.

PASP (2003a) Référentiel des mesures techniques de récupération, de protection et d'exploitation durable des terres. Niamey.

PASSIP (2012) : Manuel des bonnes pratiques en irrigation de proximité. En Préparation.

PATECORE (2005) : Développement et diffusion de techniques de lutte contre la désertification au Sahel. Capitalisation des expériences du PATECORE / PLT, Tomé 1 Approche et méthodologie de la section fertilité des sols. Kongoussi.

PDRT (1997) : Les pratiques agricoles. Cause principale de la dégradation alarmante des sols dans l'Adar ? Niamey.

REIJ, Chris (2009) : Regreening the Sahel. In : Farming Matters / December 2009, p. 32-34

SARR, Benoît. ; N'DJAFA OUAGA, Hubert (2009) :
Les tendances actuelles et futures du climat en Afrique sahélienne : Une base pour agir. Centre Régional AGRHYMET/CILSS, Niamey.

Publié par
Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Projet sectoriél Dèveloppement territorial
en milieu rural

Siège de l'entreprise:
Bonn et Eschborn, Allemagne

Friedrich-Ebert-Allee 40
53113 Bonn, Allemagne
T +49 228 44 60-0
F +49 228 44 60-17 66

Dag-Hammarskjöld-Weg 1-5
65760 Eschborn, Allemagne
T +49 6196 79-1927
F +49 6196 79-80 1927

info@giz.de
www.giz.de

Rédaction
Sabine Dorlöchter-Sulser et Dr. Dieter Nill

Conception
Jeanette Geppert, Frankfurt

Crédits photographiques
Construction des banquettes © CILSS

Mise à jourMars 2012

La GIZ est responsable du contenu de cette publication

Commissioné par
Ministère fédéral allemand de la Coopération économique et du Développement (BMZ);
Division Développement rural, Alimentation mondiale

Adresses postales des deux sièges du Ministère
BMZ Bonn
Dahlmannstraße 4
53113 Bonn, Allemagne
T +49 228 99 535-0
F +49 228 99 535-3500

BMZ Berlin | im Europahaus
Stresemannstraße 94
10963 Berlin, Allemagne
T +49 30 18 535-0
F +49 30 18 535-2501

poststelle@bmz.bund.de
www.bmz.de