

FAO
Projet GCP/MOR/012/ITA

Atelier régional sur la maîtrise de l'eau en zone aride

Agadir, Maroc 27/02 – 1/03/2001

Expérience de conservation des eaux au Niger projet Keita

Dario Tricoli

<u>1</u>	<u>Introduction</u>	<u>2</u>
<u>2</u>	<u>Procédure d'intervention du PDR-ADM</u>	<u>2</u>
<u>2.1</u>	<u>Unités physiographiques et répartition du territoire en Unités Territoriales Elémentaires</u>	<u>2</u>
<u>2.2</u>	<u>Principales réalisations du PDR-ADM dans le domaine de la conservation des eaux et des sols</u>	<u>3</u>
<u>3</u>	<u>Les différentes typologies d'intervention et leurs réalisations</u>	<u>4</u>
<u>3.1</u>	<u>Banquettes</u>	<u>4</u>
<u>3.2</u>	<u>Tranchées</u>	<u>5</u>
<u>3.3</u>	<u>Barrages d'écrêtage</u>	<u>5</u>
<u>3.4</u>	<u>Seuils et digue d'épandage</u>	<u>6</u>
<u>4</u>	<u>Principaux résultats obtenus avec l'aménagement intégré des bassins versants</u>	<u>7</u>
<u>4.1</u>	<u>Réduction et laminage de l'écoulement</u>	<u>7</u>
<u>4.2</u>	<u>Epandage des eaux de crues et recharge de la nappe</u>	<u>8</u>
<u>5</u>	<u>Entretien et gestion des aménagements</u>	<u>8</u>
<u>6</u>	<u>Coûts des interventions</u>	<u>10</u>
<u>7</u>	<u>Annexe A – Tableaux et figures</u>	<u>11</u>

1 Introduction

La zone qui a fait l'objet de cette relation se trouve dans l'Ader Doutchi Maggia, un plateau érodé situé à 15° de latitude nord et 6° de longitude est, dans la République du Niger. La hauteur de la pluviométrie moyenne annuelle varie entre 300 et 400 mm des environs de la zone nord à la limite sud. La zone est située à la limite des cultures pluviales. Au nord on a une vaste étendue semi-désertique. La zone est caractérisée par le climat sahélien avec une saison sèche d'octobre à mai et une saison des pluies de juin à septembre.

Le "Projet de Développement Rural de l'Ader Doutchi Maggia" (PDR-ADM) travaille dans cette zone depuis 1984. Ce projet de coopération au développement est financé par l'Italie et est exécuté par la F.A.O., avec la participation du PAM par l'envoi des rations alimentaires utilisées dans les activités "food for work". La zone d'intervention, jusqu'à 1991, était limitée à l'Arrondissement de Keita (environ 5.000 km²), par la suite cette zone a été étendue vers le sud (Arr. de Bouza) et vers le nord (Arr. de Abalak) et la superficie est plus que doublée.

Les activités du projet concernent divers secteurs: infrastructures rurales (piste, dispensaires, école, puits), activités de développement de la condition féminine, appui à la production agricole, le crédit, la pisciculture et l'élevage. Le secteur où le projet a concentré davantage ses efforts est la lutte contre la désertification et l'érosion ; il s'agit de récupération des terres pour le développement agricole et pastoral et de la protection des bassins versants.

Jusqu'à présent, la République italienne a subventionné le PDR-ADM pour un montant d'environ 63,5 millions de \$ E.U. Le Programme Alimentaire Mondial (PAM) a aussi octroyé 12 millions de rations alimentaires à titre de nourriture contre travail, dont la valeur est estimée à environ 17 millions de \$ E.U. Le Gouvernement nigérien a contribué avec le salaire du personnel mis à la disposition du projet.

L'expérience acquise au sein du PDR-ADM dans le secteur de la maîtrise des eaux en zone aride est très importante. En 16 ans de nombreux ouvrages ont été réalisés. Dans cette période les typologies des ouvrages ont même pu être mieux adaptées aux exigences et à la disponibilité des ressources locales. Le présent travail veut donner un aperçu général de cette expérience dans le domaine de la conservation des eaux et des sols avec une particulière attention aux ouvrages hydrauliques telles que les seuils d'épandage et les barrages d'écrêtage.

2 Procédure d'intervention du PDR-ADM

2.1 Unités physiographiques et répartition du territoire en Unités Territoriales Élémentaires

La zone d'intervention du projet est composée de vallées dérivants de l'érosion du plateau de l'Ader. Les versants des vallées ont une pente aiguë en proximité du plateau, la pente est mineure vers le centre de la vallée. Dans le fond des plus importantes vallées on trouve aussi des terres d'origine alluviale.

Schématiquement on peut diviser la zone en unités physiographiques:

- plateau, composé pour la plus part de latérites,
- versants rocailloux: supérieurs, moyens et inférieurs, composés de matériaux latéritiques et calcaires,
- glacis, avec des sols limo-sableux avec argile,

- terres alluviales des fonds des vallées, avec sols argileux avec limon et sable ; parfois certaines de ces unités sont intéressées par des phénomènes d'érosion (éolienne et/ou hydrique) et par l'ensablement.

Pour mieux comprendre l'approche d'intervention du PDR-ADM dans le secteur de l'aménagement du terroir une introduction sur les problèmes de la zone dans ce domaine s'impose. Au début de l'intervention du Projet dans la zone, le problème prioritaire était la désertification qui était entrain de menacer toute la partie septentrionale de l'Ader. A cette période la zone avait vécu les sécheresses de 1973-74 et de 1983-1984. Ces sécheresses avaient causé une diminution importante de la couverture végétale du terroir. La perte de la couverture végétale a par la suite entraîné une modification des caractéristiques des sols, qui sont devenu nus. Ces sols nus tendent à se cimenter en développant une croûte superficielle qui rend presque impossible l'infiltration de l'eau et, en conséquence, la mise en culture de ces terres est aussi devenue très difficile. Cette modification des sols a entraîné l'abandon des grandes surfaces des terres de plateau et de glacis une fois utilisées pour les cultures vivrières. L'imperméabilisation des sols a causé aussi des modifications dans le régime hydrologique de la zone : l'écoulement est devenu plus violent avec des temps de réponse assez réduits et une augmentation importante des débits de crues. La modification des caractéristiques d'écoulement a entraîné un phénomène d'érosion régressive dans les axes de drainages des vallées. Les lits de koris se sont approfondis par rapport à leur niveau précédent et sont devenus encaissés. Cet approfondissement des lits de koris ne rend plus possible l'épandage des eaux des crues dans les vallées comme il s'est passé auparavant. A cause de la disparition du phénomène de l'épandage, les terres des vallées sont devenues plus pauvres et les nappes phréatiques ne reçoivent plus la recharge qu'ils avaient dans le passé.

Dans la situation montrée ci-dessus on peut comprendre que le domaine de l'aménagement du terroir a été toujours la priorité dans les interventions du PDR-ADM. Dans cette optique, au sein du projet, une méthodologie d'intervention basé sur le concept des Unités Territoriales Élémentaires a été développée. Le territoire est subdivisé en UTE qui correspondent à un sous-bassin versant, avec une surface de quelques dizaines de km². L'aménagement de ce terroir, avec des techniques développées au sein du projet qui seront expliquées dans la suite, permet d'aboutir à une situation environnementale assez stable. Quand plusieurs UTE qui appartiennent au même bassin versant sont aménagées alors on peut réaliser des ouvrages, tels que les seuils d'épandage, qui permettent de rentabiliser toutes les interventions déjà faites au niveau de l'UTE.

Une étude pluridisciplinaire (géomorphologique, hydrologique et sociologique) est menée dans le territoire de l'UTE avant de démarrer l'intervention, ensuite, un plan général d'aménagement de l'UTE est préparé.

2.2 Principales réalisations du PDR-ADM dans le domaine de la conservation des eaux et des sols

Dans la méthodologie d'intervention du PDR-ADM dans la conservation des eaux et des sols (CES/DRS), plusieurs typologies des ouvrages sont utilisées. Une brève description des diverses typologies des ouvrages est faite plus loin. Les réalisations, distinguée par unité physiographique, peuvent être ainsi résumées:

- plateaux: banquettes sylvo-pastorales et/ou sylvo-agricoles (aménagement par sous-solage et diguettes anti-érosives);
- versants: tranchées de reboisement;
- glacis: banquettes sylvo-agricoles (aménagement par sous-solage et diguettes anti-érosives);
- vallées: brise-vent et plantation des berges des koris;

- sols dunaires: plantation d'arbres, particulièrement dense en correspondance des dunes mouvantes, protégées par des haies mortes constituées de tiges de mil (fixation des dunes avec clayonnage);

Autres réalisations, qui peuvent s'inscrire toujours dans le domaine de la conservation des eaux et des sols, mais qui concernent plus directement le contrôle du régime hydrique, sont:

- seuils (en gabions) au niveau de bassins versants d'ordre mineur (surface de quelques dizaines d'hectares) pour diminuer la capacité érosive et de transport solide des eaux pluviales, réalisés en général en amont des barrages d'écrêtage;
- barrages d'écrêtage (en latérites avec déversoir en gabions) en aval des seuils en gabions sur des bassins versants d'ordre supérieur (surface de 1 à 20 km²), pour laminer les eaux de crue en diminuant le débit maximum et en rallongeant le temps d'écoulement;
- seuils d'épandage (en gabions et latérites) en série en aval des barrages d'écrêtage sur des bassins versants moyens (surface de 10 à 200 km²), pour soulever les lits des koris et permettre à nouveau l'épandage des eaux de crue dans les terres de vallée;
- digues pour reconstitution des mares (en terre avec déversoir en gabions) dans les vallées pour reconstruire des mares déjà existantes, dégradées par des phénomènes de sédimentation et érosion;

La méthodologie d'intervention du PDR-ADM prévoit toujours de démarrer les interventions avec celles situées plus en amont (banquettes sur le plateau et/ou glacis, tranchées sur les versants et barrages d'écrêtage) et en suite intervenir en aval avec les seuils d'épandage.

Dans la figure A.1 est montré une schématisation des diverses typologies d'intervention en fonction des unités physiographiques:

- 1 - banquettes agro et silvo-pastorales sur le plateau
- 2 - tranchées sur les versants
- 3 - barrages d'écrêtage
- 4 - banquettes agro-pastorales sur glacis
- 5 - périmètres irrigués
- 6,7 - seuil et digues dans les fonds des vallées.

3 Les différentes typologies d'intervention et leurs réalisations

3.1 Banquettes

Sur les plateaux et dans les glacis le Projet fait des banquettes, qui sont des diguettes d'environ 40 cm de hauteur, positionnés dans la direction perpendiculaire à la pente ; elles sont en terre compactée et revêtues de pierres. L'espacement entre les banquettes est en fonction de la pente ; leur but est d'arrêter l'écoulement des eaux. En suite pour faciliter l'infiltration de l'eau la crotte superficielle imperméable qui caractérise ces sols est détruite avec l'utilisation des moyens mécaniques. Par contre, sur les plateaux une partie de la surface à l'amont de la banquette n'est pas traitée avec sous-solage, cette partie constituera l'impluvium pour la banquette en aval. Le long de la banquette on plante des arbres (diverses variétés d'acacia) et le terrain peut être exploité pour les cultures pluviales ou utilisé pour l'élevage du bétail avec la végétation spontanée. Les banquettes

sont réalisées par une chaîne de tracteurs équipés avec outillage spécifique. Le revêtement en pierre de la banquette est fait à la main par les populations qui reçoivent les vivres PAM pour ce travail.

3.2 Tranchées

Dans les versants la typologie d'intervention utilisée est celle des "tranchées" qui sont des trous (de 3 mètres de longueur et 60x60 cm² de section) creusés dans la direction perpendiculaire à la pente comme pour les banquettes. Dans ces tranchées on plante des arbres pendant la saison des pluies. La densité de tranchées varie entre 500 et 700 par hectare en fonction des caractéristiques du sol. Les tranchées sont réalisées à la main par les populations des villages environnantes. Dans les mois de juillet et août des arbres, acacia et prosopis, sont plantés dans les tranchées réalisées dans la saison sèche précédente.

3.3 Barrages d'écrêtage

Les barrages d'écrêtage sont des retenues colinéaires réalisées en terre compactée avec comme but principal de laminier les eaux de ruissellement, en diminuant le débit maximum et en rallongeant le temps d'écoulement. Pour ce faire ces barrages ont un évacuateur intermédiaire et un déversoir de sécurité. Ces ouvrages sont réalisés sur des koris avec un bassin versant qui varie entre 1 et 20 km². Le remblai est réalisé en latérites, sa hauteur varie entre 6 à 12 m, sa longueur entre 100 et 600 m et son volume entre 10.000 et 80.000 m³. Le volume de stockage est entre 100 et 200.000 m³ et le volume maximum d'eau peut atteindre 1.000.000 de m³. Pour la protection du déversoir le volume des gabions à mettre en place peut atteindre 1.500 m³. Les principaux caractéristiques de quarante barrages d'écrêtage réalisés par le projet sont montrés dans le tab. A.1.

L'évacuateur intermédiaire est constitué par une buse, réalisée en béton armé, avec un diamètre de 40 à 140 cm, en fonction de la superficie du bassin versant. La buse est placée en dessus (d'environ 1 m) du niveau du déversoir et elle permette d'avoir un important effet de laminage. Le déversoir est en général creusé dans le sol naturel et il est revêtu en gabions. Il peut être réalisé au centre ou sur un côté du remblai mais il peut aussi déverser les eaux de crue dans une vallée latérale, sa collocation dépend des caractéristiques morphologiques du site.

En dessus du niveau de la buse on trouve le volume de stockage qui en général est dimensionné sur la base du volume d'écoulement moyen annuel. Le volume de stockage doit être un pourcentage compris entre 30 et 40% du volume d'écoulement moyen annuel pour avoir de bonnes possibilités que ce volume puisse se remplir même dans les années avec une faible pluviométrie. Dans le dimensionnement du volume de stockage on doit aussi tenir en compte les nécessités en eau des zones en aval du site. Pour permettre d'avoir un point d'eau permanent, il est nécessaire que la hauteur maximale de stockage puisse dépasser les six mètres à la fin de la saison des pluies. En effet les pertes par évaporation varient entre 3 et 4 mètres pendant la saison sèche, mais il faut aussi considérer les pertes par infiltration et la consommation d'eau par les hommes et le bétail. La figure A.2 montre une coupe type d'un barrage avec l'indication des différents niveaux et volumes. La figure A.3 montre le plan du barrage de Dogon Gona avec l'indication des principaux composants du barrage : le remblai, le déversoir et la buse.

La réalisation d'un barrage d'écrêtage demande l'utilisation d'un parc de camions et engins lourds. Ils sont nécessaires au moins trois camions bennes, un camion citerne, un bulldozer, une excavatrice, une chargeuse, un rouleau compacteur et une niveleuse. La population locale participe activement à la réalisation du barrage soit avec le ramassage des pierres que dans la construction même des ouvrages en gabions et dans la pose de pierres pour le revêtement du remblai.

Pour retarder la sédimentation de retenues collinaires et donc pour garder le volume de stockage, des seuils en gabions sont réalisés en amont des barrages. Ces seuils arrêtent les sédiments transportés par l'écoulement et ils nécessitent d'être périodiquement rehaussés. Mais le processus de sédimentation ne peut pas être arrêté et donc, dans quelques dizaines d'années, on peut prévoir que le volume de stockage sera comblé par les sédiments, néanmoins le barrage continuera à garder son rôle dans le laminage de crues qui reste son but principal. Les barrages les plus importants sont aussi équipés avec un système qui permet de vidanger périodiquement la retenue pour évacuer une partie des sédiments.

3.4 Seuils et digue d'épandage

Pour finaliser les interventions faites à l'amont des bassins versants, le projet réalise des seuils en gabions en aval. Ces seuils ont l'effet de diminuer la pente des koris et par conséquent de diminuer l'érosion. Les seuils sont dimensionnés pour permettre l'épandage des eaux de crue dans les champs. Cet épandage a le double effet d'irriguer les cultures pluviales et faciliter la recharge de nappes superficielles de la zone.

Les seuils sont réalisés avec un déversoir central en gabions dans le lit du kori et avec des ailes en latérites qui raccordent l'ouvrage en gabions avec les deux côtés de la vallée et ils servent pour empêcher le contournement du déversoir. Souvent, un bassin de dissipation est réalisé en aval du seuil, pour empêcher que la dissipation d'énergie causée par la chute des eaux puisse endommager l'ouvrage. Ce bassin de dissipation est fermé en aval par le contre-seuil. Le fond du bassin est revêtu avec de gros blocs dans la partie en aval et avec des gabions dans la partie en amont où la dissipation d'énergie est plus importante. Parfois, il est même nécessaire de revêtir ces gabions avec une dalle en béton armé encrée à la couche des gabions.

Les seuils d'épandage réalisés dans la zone de Keita ont un bassin versant avec une surface qui varie de quelques kilomètres carrés quand le seuil est positionné juste en aval d'un barrage d'écrêtage, jusqu'à 150-200 Km², quand il est positionné à l'exutoire d'un bassin versant plus grand déjà traité avec d'autres réalisations. La hauteur de la chute varie entre 2 et 4 mètres et le déversoir est dimensionné pour limiter la charge d'eau sur les gabions à moins de 2-2.5 m. Au-delà de ces valeurs les gabions risquent d'être sérieusement endommagés par l'écoulement. Le volume de gabions à mettre en place pour la réalisation d'un seuil peut atteindre 2.000 m³. Les principales caractéristiques de seuils d'épandage réalisés par le projet sont montrés dans le tab. A.2. La figure A.4 montre le plan et la section d'un seuil en gabions.

Dans les koris où l'écoulement est très important alors il est nécessaire de renforcer le contre-seuil pour éviter qu'il puisse être endommagé. Dans ce cas un muret en béton armé doit être réalisé juste en aval du contre-seuil. Parfois, par contre, il est même nécessaire d'encrer les gabions au sol avec des poteaux et de revêtir entièrement le contre-seuil avec une dalle en béton armé.

Les plus importants ouvrages hydrauliques réalisés par le projet sont deux digues pour la reconstitution de mares dans l'axe principal de drainage de la vallée de Keita. Ces ouvrages sont des cas particuliers de digues d'épandage et elles servent pour reconstruire deux grandes mares qui avaient disparues dans les dernières années à cause du phénomène d'érosion régressive dû à l'écoulement des eaux des crues. Les axes de drainage se sont approfondis et l'épandage des eaux de crue disparu. Par effet de ces digues la cote des axes de drainage est ramenée au niveau des terres de vallée, de façon que les eaux de ruissellement puissent s'épandre dans la vallée même en cas de crues modestes. La surface des terres inondables par effet des deux digues peut atteindre 800 hectares.

Les deux ouvrages sont réalisés avec des digues en terres de quelques kilomètres de longueur. La hauteur de ces digues ne dépasse pas 4 à 5 mètres et elles sont réalisées avec un noyau central en terre limo-argileuse qu'on trouve dans la vallée et une couche superficielle de latérite, un revêtement en pierres sur le talus complète la digue.

Les digues sont aussi équipées avec un système de plusieurs déversoirs positionnés à côte différents pour permettre une efficace évacuation des volumes d'eau pendant les crues qui peuvent atteindre 4-6 millions de mètres cubes. Dans la digue de Keita, par exemple, le système d'évacuation, constitué par quatre déversoirs, est dimensionné pour un débit maximum d'environ 1000 mètres cubes par second.

Les déversoirs de deux digues sont réalisés en gabions et seulement les parties plus sollicitées par l'écoulement sont revêtues en béton armé. Le déversoir principal de la digue de Keita est aussi équipé avec un système de vannes (batardeaux) qui permet de vidanger la retenue de sédiments. Le dispositif pour l'ouverture de ces vannes est assez simple et conçu de façon qu'il puisse être géré par les exploitants mêmes des terres de la vallée.

4 Principaux résultats obtenus avec l'aménagement intégré des bassins versants

4.1 Réduction et laminage de l'écoulement

Tous les ouvrages réalisés en amont des bassins versants ont d'importants effets sur l'écoulement. En particulier les banquettes et les tranchées gardent un important pourcentage du volume de pluie. Par exemple, des tranchées réalisées sur une colline peuvent stocker environ 350 m³ d'eau par hectare¹, qui correspondent à une réduction de la pluie efficace de 35 mm. Un glacis aménagé avec des banquettes, par contre, peut garder un volume d'environ 400 m³ d'eau par hectare². La plus part de cette eau s'infiltré et sera par la suite utilisée par les plants.

Les aménagements du PDR-ADM en tranchées et banquettes ont donné des résultats remarquables dans le secteur de la récupération des terres. Les collines traitées avec les tranchées disposent d'une couverture végétale, constitué par les arbres plantés et la végétation qui pousse spontanément favorisée par l'humidité de la tranchée, alors qu'auparavant elles étaient pratiquement nues. Dans les glacis et les plateaux traités avec les banquettes, des importantes surfaces peuvent être mises en culture pendant la saison des pluies, et les surfaces traitées avec les banquettes sylvo-pastorales aident dans l'alimentation du bétail de la zone.

Les barrages écrêtage par contre gardent uniquement l'eau du volume de stockage. Quand le niveau d'eau augmente par effet d'une crue et dépasse la cote de la buse alors l'eau commence à sortir avec un débit limité par les dimensions de la buse. Par la suite, si la crue continue le niveau d'eau peut atteindre la cote du déversoir et donc le débit sortant du barrage augmente. Quand la crue termine le niveau d'eau dans le barrage commence à descendre et donc le déversoir termine de fonctionner et le volume de laminage continue à se décharger par la buse. De cette façon, on obtient une importante réduction du débit de crue (de 20 à 80 %) et une importante augmentation du temps d'écoulement, de quelques heures sans le barrage à quelques jours avec le barrage.

Grâce à la présence des barrages d'écrêtage les caractéristiques de certains koris ont complètement changé, leur lit est devenu couvert de végétation et l'écoulement est devenu presque permanent pendant la saison des pluies.

¹ Le calcul du volume est fait en considérant que les tranchées après quelques années de vie gardent $\frac{3}{4}$ de leur volume initial qui été d'environ 1 m³ (0.6x0.6x3.0 m³)

² Le calcul du volume d'eau stocké est fait en considérant que le volume stocké par mètre linéaire de banquette puisse être exprimé par la relation $V = (h \cdot d) / 2$, où la distance d est fonction de la pente du terrain et de la hauteur de la banquette h , si on considère comme valeurs moyennes une hauteur utile de 20 cm et une pente du terrain de 1% on aura $d = 20$ m et donc $V = 2$ m³/m,

en considérant une longueur moyenne des banquettes de 200 m/ha on obtient un volume de stockage $V_s = 400$ m³/ha.

4.2 Epandage des eaux de crues et recharge de la nappe

Les seuils d'épandage ont le but principal de rehausser le lit des axes principaux de drainage de vallées. Ce rehaussement détermine la reconstitution des conditions d'épandage des eaux de crue dans les terres de vallée, qui est d'importance vitale pour l'irrigation des terres de vallée et pour le phénomène de recharge de nappes phréatiques. La réalisation d'une série de seuils, à partir de l'aval des barrages d'écrêtage, permet aussi d'obtenir l'exploitation en contre-saison de plusieurs hectares de terres. Dans ces cas il est aussi possible de positionner ces seuils en proximité des villages, qui sont près de l'axe de drainage, pour leur donner, en proximité, un point d'eau et des terres exploitables en contre-saison.

La réalisation des seuils d'épandage doit être vue comme la finalisation des autres interventions faites en amont d'une UTE. En effet les seuils n'auront pas le même effet si un important pourcentage de leurs bassins versants n'est pas déjà aménagé avec les autres interventions. Si l'écoulement du kori, en correspondance des seuils, n'est pas suffisamment laminé divers problèmes peuvent apparaître, tel que le transport excessif de sédiments qui entraîne la nécessité fréquente d'entretien des gabions.

Actuellement le projet est entrain de finaliser toutes les anciennes interventions avec la réalisation des seuils d'épandage des crues en aval de bassins versants déjà traités avec les autres ouvrages. La construction de ces seuils d'épandage donne des résultats très importants dans la recharge des nappes phréatiques de la zone. Des mesures du niveau de la nappe faites avec des piézomètres dans les tronçons de vallée en aval de barrages ont montré une recharge très importante de la nappe, de l'ordre de 2 à 3 mètres. Cette recharge a permis le développement d'importantes cultures maraîchères dans ces zones. Par contre, les campagnes des mesures de la nappe phréatiques en dehors de la zone d'influence des ouvrages hydrauliques ont montré un approfondissement continu, depuis 1989, de son niveau. Cette diminution du niveau est sûrement due à la disparition du phénomène de la recharge de la nappe.

5 Entretien et gestion des aménagements

Dans les secteurs de l'aménagement du terroir, le PDR-ADM a fait beaucoup de réalisations depuis 1984. La plus part des ces réalisations, une fois achevées, ont été mises en valeur par la population, soit qu'il s'agit de récupération des terres, soit des ouvrages hydrauliques. Pour la plupart, l'exploitation des terres aménageables a été faite par les anciens propriétaires de façon spontanée. Pour faciliter la pleine prise en charge des réalisations par les exploitants, le projet a entamé la formation des populations locales dans différents domaines (nécessités et modalités de gestion et entretien des ouvrages, possibilités d'utiliser des cultures de rente et autres possibilités de mise en valeur, problèmes fonciers, etc.). Des comités consultatifs ont été donc créés pour informer et former les populations et pour recevoir en même temps des indications à utiliser dans la création des structures de gestion des ouvrages. Les villageois reçoivent d'abord une information de caractère général sur l'approche du projet et sur les possibilités de gestion des réalisations et sur leurs nécessités en entretien. Par la suite, les responsables de différents domaines, nommés par les villageois, sont formés sur les techniques de gestion et entretien des ouvrages.

Des estimations du coût d'entretien des diverses typologies d'ouvrages ont été faites sur la base de l'expérience acquise par le projet pour aider les paysans dans la tâche de l'entretien des ouvrages et dans la quantification des ressources nécessaires.

Le tableau suivant montre les nécessités en entretien courant des ouvrages hydrauliques selon les principaux matériaux mis en place, c'est-à-dire gabions, remblai latéritique et béton armé.

TYPE OUVRAGE	b.v. (km ²)	gabions	remblai	béton armé
1 seuils en amont de barrages (rehaussement tous les 5 ans)	1-6	0,25%	0,25%	/
2 barrages d'écrêtage	1-15	5%	5%	/
3 seuils en aval des barrages	8-30	0,25%	0,01%	2%
4 seuils d'épandage	50-300	0,30%	0,10%	/
		0,35%	0,10%	1%

Les nécessités en entretien sont exprimés en pourcentage du volume total des matériaux mis en place, c'est-à-dire que pour un seuil en amont d'un barrage il faut prévoir de reprendre chaque année un pourcentage de 0.25% du volume en gabions et du remblai. Ces pourcentages varient selon le type d'intervention parce que chacune est sujette à des sollicitations différentes causées par l'écoulement des eaux de crue. Les petits dégâts qui entraînent des nécessités de réparation sont, en général, proportionnels à la fréquence d'écoulement. Les quantités des matériaux à reprendre représentent une moyenne annuelle et, comme déjà dit, sont dues à de petits dégâts causés par l'écoulement des eaux de crue. Le tableau suivant montre les coûts de ces réparations pour des ouvrages de taille moyenne, les coûts unitaires utilisés sont des coûts de marché pour des travaux confiés à l'entreprise.

CALCUL POUR LE COÛTS D'ENTRETIEN DES OUVRAGES

TYPE OUVRAGE	COÛTS UNITAIRES						
	dimensions ouvrage type			40000	4000	150000	Total
	gabions	remblai	béton armé	gabions	remblai	béton armé	
m ³	m ³	m ³	Fcfa	Fcfa	Fcfa	Fcfa	
1 seuils en amont des barrages (rehaussement tous les 5 ans)	200	200	0	20.000	2.000		22.000
2 Barrages écrêtage	50	50	0	100.000	10.000		110.000
3 seuils en aval des barrages	1000	40000	15	100.000	8.000	45.000	153.000
4 seuils épandage	800	1500	0	96.000	6.000		102.000
	1500	5000	90	210.000	20.000	135.000	365.000

Il s'agit de travaux qui normalement peuvent être faits par la population surtout étant donné que cette population a eu une part très importante dans la construction des ouvrages. Dans ces cas les ressources financières serviront uniquement pour l'achat de certains matériaux comme le ciment et les gabions qui représentent environ 20% des dépenses montrées dans le tableau précédent.

Pour certaines ouvrages telles que les barrages écrêtage d'autres nécessités en entretien ordinaire sont la coupe des arbres qui poussent sur le remblai et la remise en état du revêtement en pierre qui peut être périodiquement endommagé.

6 Coûts des interventions

Les activités du PDR-ADM dans le domaine de la conservation des eaux et sols sont nombreuses et assez diversifiées (seuils en gabions, barrage en latérites, banquettes empierrées, etc.). L'estimation des coûts de ces réalisations est fondamentale pour juger l'efficacité des ouvrages avec une analyse coûts et bénéfices. L'évaluation des coûts a été faite en tenant compte des différentes catégories de travaux (remblai latéritique, gabions, buse évacuateur, revêtement talus barrage, banquette empierrée, sous-solage plateau et glacis) et de tous les types de machines qui sont utilisées pour les réalisations. Dans la catégorie des machines ne sont pas seulement compris engins, camions, voitures, et tracteurs, mais aussi toute la main d'œuvre qui intervient dans l'exécution des ouvrages (chefs de chantier, supervision technique, supervision mécanique, maçons, manœuvres, etc.). Par contre, les coûts des chauffeurs (camions et voitures) et conducteurs (engins et tracteurs) sont inclus dans les coûts des relatives machines.

En considérant par exemple la réalisation du barrage d'écrêtage de Dogon Gona, le dernier exécuté par le PDR-ADM en 1999, les quantités de diverses catégories de travaux et les relatifs coûts totaux et unitaires sont :

	<i>Quantité</i>	<i>Coût total</i>	<i>Coût unitaire</i>
- remblai latéritique	63.000 mc	115 M Fcfa	1.819 Fcfa/mc
- gabions	1.500 mc	18 M Fcfa	11.984 Fcfa/mc
- buse évacuatrice	46 m	4,4 M Fcfa	96.869 Fcfa/ml

pour un coût total d'environ 138 M Fcfa. Dans ces cas, les coûts unitaires des machines pris en compte sont les coûts totaux, c'est-à-dire comprenant les pièces de rechange et amortissement.

Le coût moyen d'un hectare de banquettes varie entre 150 et 170.000 Fcfa, selon qu'il s'agit de banquettes sur glacis ou sur plateau. Un aménagement en tranchées coûte entre 300 et 400.000 Fcfa. Tous ces prix sont calculés en tenant compte aussi de la valeur des rations alimentaires du PAM, qui sont utilisées pour la rémunération de la main d'œuvre non spécialisée. A ce propos, il faut remarquer que les coûts des rations PAM constituent un pourcentage important du coût total des aménagements uniquement pour les tranchées, où il peut représenter jusqu'à 70% contre les 5 à 10 % des autres réalisations.

7 Annexe A – Tableaux et figures

PDR-ADM		ARRONDISSEMENT DE KEITA - REP. DU NIGER											
CARACTERISTIQUES DE BARRAGES D'ECRETAGE EN LATERITE													
N° SITE	AN. BAS. cost vers.	REMBLAI			STOCKAGE MIN			CAP. MAX			VOLUME laminage m ³		
		long.	haut.	volume	haut.	sup.	volume	haut.	sup.	volume			
		km ²	m	m	m ³	m	ha	m ³	m	ha		m ³	
1	MEHANNA I		4.8			9000							
2	TABOE		4.5			9000							
3	ZANGARATAI		0.7			3000							
4	ZANGARAT. II		0.6			10000							
5	TAMASKE I		5.3			10000							
6	Gd TSUROUT		0.6			5000							
7	INKIMIA I		0.4			5000							
8	INKIMIA II	1989	0.8			10000							
9	AKALA.I	1990	6.7	220	10.5	48000	7	7.8	181900	10	11.3	470980	289080
10	AKALA.II	1991	5.7	330	10.2	55000	7.2	8.5	215820	9.7	10.8	554870	339050
11	AKALA.III	1992	6.9	380	8.9	50000	5.9	7.1	173690	8.4	13.7	437900	264210
12	AKALA.IV	1992	0.7	190	9.1	15000	7.6	1.2	35150	8.6	2.3	54280	19130
13	KOUTIKI.I	1991	1.1	160	7.5	12000	5.5	2.7	46160	7	4.3	100500	54340
14	KOUTIKI.II	1992	1	180	8.5	25000	6.5	2.8	75000	8	4.1	129270	54270
15	MEHANA.II	1992	4.4	220	11.6	50000	8.6	9.6	311090	11	13.9	607120	296030
16	MEHANA.III	1993	0.91	100	8.5	12000	7	2.3	56840	8	4.5	89750	32910
17	SEYTE	1993	12.2	660	10.6	80000	8.4	21.9	704830	10	33.2	1188070	483240
18	KEITA	1994	2.5	270	10.8	50000	8.3	4.7	192000	10	5.7	296000	104000
19	IBAZAWAN	1994	0.9	157	8.4	16000	6.9	1.6	34000	7.9	2.2	57960	23960
20	TAMASKE II	1994	0.8	126	6.5	18000	6.5	1.5	38000	7.5	2.3	58000	20000
21	TABOTAKI	1994	1	198	7.2	30000	5.7	6.9	198650	6.7	7.8	298670	100020
22	KWARA	1994	2.3	286.4	8.6	18000	7.1	3.2	87020	8.1	4.8	126840	39820
23	TINKIRANA	1994	1.2	227.1	8.5	20000	6.5	10	153000	8	6.2	281000	128000
24	CHADAWAK.	1995	22.5	376.4	9	26239	4.1	15.2	250360	8.5	35.4	985740	735380
25	TINKIRANAI	1995	0.8	158.6	7.9	13092	6.4	1.8	31000	7.4	2.4	52000	21000
26	GOUNZOU	1995	2	244	9.5	22000	7.5	5.3	103000	9	9.1	247000	144000
27	JANGUEBE	1995	2.5	78	9.4	13000	6.9	1.9	49000	8.9	3.5	102000	53000
28	LOUBE	1995	1.5	130	9.1	24000	7.1	2.6	74560	8.6	4.1	156840	82280
29	BALBOUCHE	1995	2	150	10.2	25000	7.2	2.4	66580	9.7	4.3	198540	131960
30	LOUDOU	1996	4.6	240	10.5	55000	7.5	5.8	185740	10	8.9	581230	395490
31	INWAGAR	1996	4.4	210	10.5	50000	7.5	4.2	134580	10	9.2	498520	363940
32	TATAWASSAN	1997	8.6	250	10.7	60000	7.7	6.5	213840	10	12.4	685470	471630
33	MARKE	1997	9.1	270	10.3	57000	7.3	6.2	187080	9.8	11.5	602180	415100
34	GAME	1997	0.8	75	8.5	10500	7	1.2	36830	8	1.8	89560	52730
35	KABIMA	1997	1.5	150	8	25000	6	6.4	85050	7	8.5	142800	57750
36	KARKAMAT	1998	7	391	9.5	65000	7.5	10	350000	9	14.3	597000	277000
37	KOUREGA	1998	3	320	10	47305	7	10.7	168498	9	14.47	400116	231618
38	INSAFARI	1998	2.5	268	10.5	48070	8	8.27	150972	10	12	462094	311122
39	DEOULE	1998	0.5	280	11.53	31951	10	3.4	59847	11	4.3	94792	34945
40	DOGON GONA	1999	14.5			65000							
TOTAL BARRAGES			139.31			1072157		183.67	4650087		283.3	10647092	6027005

Tab A.1

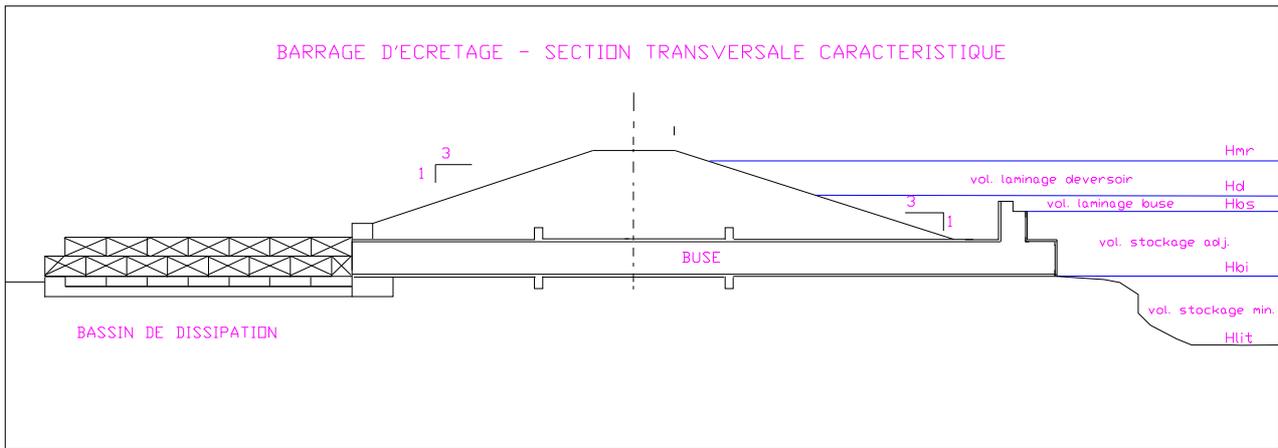


Fig. A.2

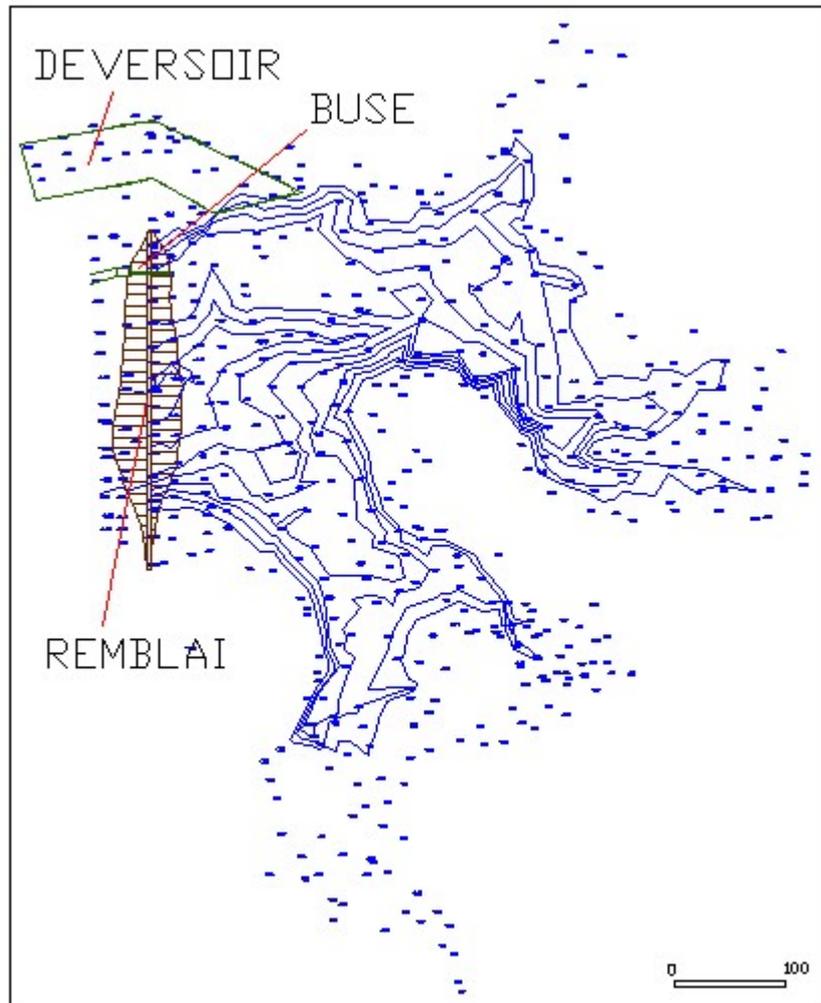


Fig. A.3 – Plan du barrage d'ecrêtage de Dogon Gona (PDR-ADM)

PDR-ADM		ARRONDISSEMENT DE KEITA - REP. DU NIGER					
CARACTERISTIQUES DES PRINCIPAUX SEUILS D'EPANDAGE							
N°	SITE	Annee de Construction	Bassin versant	DEVERSOIR		OUVRAGE	
				longueur	debit projet.	haut. chute	vol. gabions
1	AGOULOUM I	1990	90.0	74	550	2.0	1600
2	AGOULOUM II	1991	90.0	66	550	2.0	1500
3	AGOULOUM III	1991	90.0	80	550	2.0	1700
4	IDOUKA	1992	42.0	55	250	2.5	1000
5	KIRARI	1993	550.0	200	600	4.0	2200
6	KEITA I	1994	1100.0	270	1000	3.0	2500
7	AKALA I	1993	20.0	30	150	2.5	600
8	AKALA II	1993	15.0	30	150	2.5	600
9	LOUDOU I	1997	245.0	60	650	2.5	1500
10	LOUDOU II	1998	230.0	80	250	2.0	850
11	KARKAMAT I	1998	9.2	29	137	2.0	564
12	KARKAMAT II	1998	18.8	30	175	2.0	600
13	SEYTE I	1998	15.2	31	147	2.0	570
14	SEYTE II	1998	18.5	34	161	2.0	650
15	MARKE I	1998	8.5	27	102	2.0	700
16	MARKE I	1998	14.8	34	158	1.5	700
17	TATAWASSAN	1998	14.3	34	158	1.5	700
18	KOUREGA	1990	5.0	20			500
19	DOGON GONA	1990	17.0	30			1000
20	KARKAMAT III	2000	21.3	35			
21	LOUDOU III	2000	6.2	20			
TOTAL							13200

Tab. A.2

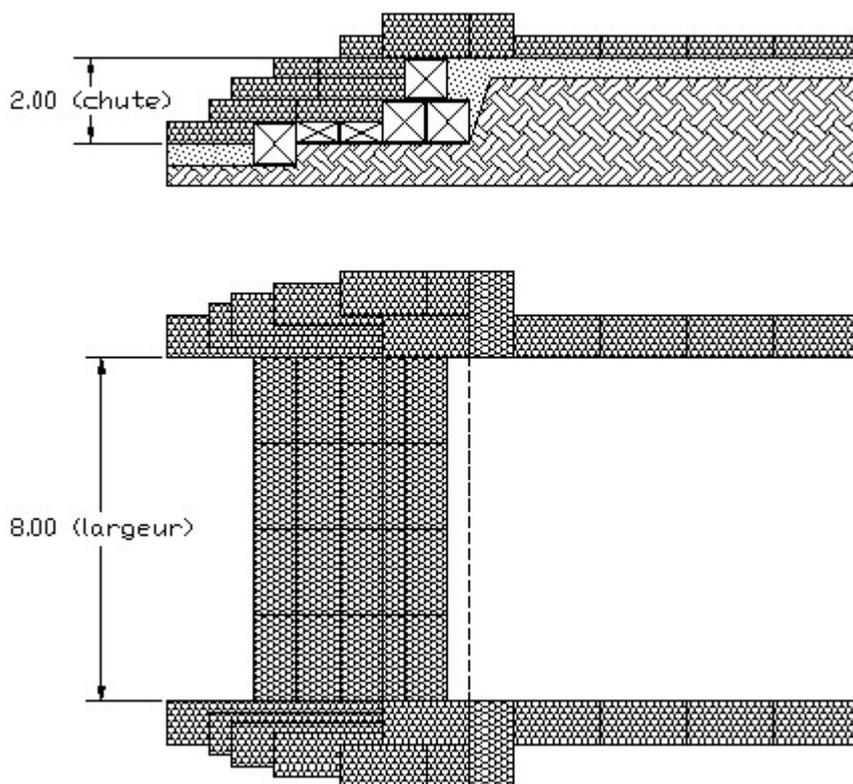


Fig. A.4 – Plan et coupe transversale d'un seuil en gabions