



Manuel technique des standards minima pour concevoir, réaliser et gérer les petits barrages au Mali

Mars 2014

Table des matières

1 Introduction.....	1
2 Brève description des petits barrages	2
3 Déroulement des étapes avec les standards minima à respecter	6
3.1 Phase de conception.....	6
3.1.1 Étape préparatoire.....	6
3.1.2 Reconnaissance du site de l'ouvrage.....	6
3.1.3 Hydrologie	8
3.1.4 Topographie	9
3.1.5 Établissement de l'axe.....	10
3.1.6 Géotechnique.....	11
3.1.7 Conception du barrage.....	12
3.1.8 Calculs divers	22
3.1.9 Calcul de stabilité.....	23
3.1.10 Estimation de la superficie irrigable	24
3.2 Phase de réalisation.....	26
3.2.1 Type a. maçonnerie	26
3.2.2 Type b. enrochement.....	28
3.2.3 Type c. en terre	30
3.3 Phase d'exploitation.....	32
3.3.1 Maintenance du système : contrôle régulier à la période indiquée.....	32
3.3.2 Gestion de l'eau	33
4 Aspects financiers.....	35
5 Check-list pour contrôler la qualité de la conception, réalisation, réception et gestion des petits barrages	35
5.1 Conception générale	35
5.1.1 Reconnaissance du site de l'ouvrage.....	35
5.1.2 Hydrologie	35
5.1.3 Topographie	36
5.1.4 Établissement de l'axe.....	36
5.1.5 Géotechnique.....	36
5.1.6 Conception du barrage.....	36
5.1.7 Calculs divers	38
5.1.8 Calcul de stabilité.....	38
5.1.9 Estimation de la superficie irrigable	39
5.2 Réalisation	39
5.2.1 Type a. maçonnerie	39
5.2.2 Type b. enrochement.....	39
5.2.3 Type c en terre	40
5.3 Réception	40
5.4 Maintenance du système	41
5.4.1 Barrage.....	41
5.4.2 Périmètre en amont du barrage.....	42
5.4.3 Périmètre en aval du barrage.....	42
5.5 Gestion de l'eau.....	42
5.5.1 Barrage.....	42
5.5.2 Périmètre en amont du barrage.....	42
5.5.3 Périmètre en aval du barrage.....	42

Acronymes

AHA	Aménagements Hydro-Agricoles
BV	Bassin-Versant
CIEH	Comité Inter-Etat d'études Hydrauliques
DNGR	Direction Nationale du Génie Rural
FAO	Organisation des nations unies pour l'agriculture
IP	Irrigation de Proximité
LOA	Loi d'Orientation Agricole
ORSTOM	Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer
PAIP	Programme d'Appui à l'Irrigation de Proximité
PASSIP	Programme d'Appui au Sous-Secteur de l'Irrigation de Proximité
PNIP	Programme National d'Irrigation de Proximité
T.N.	Terrain Naturel
TRI	Taux de Rentabilité Interne

1 Introduction

La production agricole au Mali souffre de la faiblesse des précipitations et de leur caractère aléatoire. Au cours des trente dernières années, le pays a connu, au-delà de l'irrégularité des pluies, une baisse de la pluviosité et une progression de la désertification vers le sud du pays. De ce fait, l'agriculture irriguée est d'autant plus importante, particulièrement l'Irrigation de Proximité (IP), puisqu'une part importante de la population en vit et qu'elle joue un rôle central pour la réalisation des principaux objectifs de réduction de la pauvreté et pour la création d'emplois.

Le potentiel IP aménageable inexploité est élevé : le Mali dispose d'un potentiel physique de développement de l'irrigation considéré comme l'un des plus importants d'Afrique de l'Ouest. Ce potentiel est estimé à environ 2 200 000 ha de terres aptes à l'irrigation, dont plus de 1 800 000 ha dans la seule vallée du fleuve Niger. À ce jour, les superficies irriguées, tous types confondus, n'occupent que 325 000 ha, soit moins de 15 % du potentiel (PNIP, 2012).

Malgré ces superficies aménagées et ce potentiel, peu d'outils standardisés de conception technique, de réalisation et gestion durable des Aménagements Hydro-Agricoles (AHA) sont disponibles au Mali ce qui constitue un goulot d'étranglement majeur pour le développement de l'IP suivant les règles d'art et son adaptation systématique aux exigences futures du changement climatique.

Le constat est qu'il existe une multiplicité et une diversité incontrôlée de méthodes dans la conduite des études, la réalisation et la gestion des AHA. Ceci tient au nombre important d'intervenants et au manque de cadre législatif et réglementaire qui rendrait obligatoire l'utilisation et l'application des standards minima. Les conséquences qui découlent de cette situation sont :

- l'inadaptation des ouvrages aux besoins des bénéficiaires ;
- le mauvais dimensionnement conduisant souvent à des inondations et à des dégâts autour des ouvrages ou à la disponibilité insuffisante de l'eau ;
- le choix inadéquat du type d'aménagement ;
- la non prise en compte de la variabilité climatique dans la conception des ouvrages ;
- le coût élevé des aménagements ;
- le mauvais ou le manque d'entretien des ouvrages et des équipements entraînant d'importantes pertes en eau et le dysfonctionnement des systèmes irrigués ;
- une rapide dégradation de l'infrastructure hydraulique due à la qualité insuffisante des matériaux et de leur mise en œuvre dans l'exécution des ouvrages.

Fort de ces constats, le Programme d'Appui à l'Irrigation de Proximité (PAIP), mis en œuvre par le Programme d'Appui au Sous-Secteur de l'Irrigation de Proximité (PASSIP), prévoit des actions concrètes en matière de développement des connaissances et d'outils de coordination du développement de l'IP et de renforcement de capacités de la Direction Nationale du Génie Rural - DNGR (volet 1) ainsi que pour la construction d'infrastructures productives et de commercialisation (volet 2).

La présente étude a donc été initiée afin que la DNGR puisse, en réponse aux conséquences précédemment citées, disposer des outils nécessaires pour assumer son rôle de suivi et de contrôle de qualité permettant à terme la pérennité¹ des petits barrages tel que prévu par la Loi d'Orientation Agricole (LOA)².

2 Brève description des petits barrages

Le terme « petit barrage ou retenue d'eau » couvre la construction hydraulique en travers d'un cours d'eau qui retient une certaine quantité d'eau aux fins d'irrigation, d'abreuvement du bétail, de satisfaction des besoins en eau domestique, de recharge de la nappe phréatique, de production halieutique, etc. afin de répondre à la demande en eau durant une période bien déterminée. En année normale, la retenue du barrage sera remplie au plus tard à la fin de la saison des pluies (fin septembre). Durant les mois suivants, le niveau de l'eau baisse graduellement par évaporation, infiltration et consommation d'eau. Au plus tard au début de la prochaine saison des pluies, la retenue sera vide. La hauteur de l'ouvrage dans le cas des « petits barrages » varie entre 3 m au minimum et 12 m au maximum afin de répondre au mieux aux besoins en eau.

L'utilisation principale de l'eau stockée est l'irrigation de contre-saison, donc à partir d'octobre. Pour atteindre un maximum de production agricole pendant la saison sèche, il est avantageux de mener les travaux d'irrigation durant les mois où les pertes par évaporation et la demande pour l'irrigation sont les moins élevées. Ainsi il est souhaitable de débiter au plus tard mi-octobre avec la campagne de contre-saison de quatre mois au maximum dans le cas où la quantité d'eau restante dans la retenue doit être réservée pour d'autres usages tels qu'abreuver du bétail ou pour mener une deuxième campagne sur une superficie éventuellement réduite selon la disponibilité d'eau.

L'irrigation se déroule en principe autour de la retenue en amont et en aval. À cette fin les paysans confectionnent de petites parcelles carrées qui seront stabilisées avec des pierres. L'irrigation en soi se fait soit manuellement avec des récipients (gourdes, Calebasses, puisettes), soit à l'aide de petites motopompes. Aucune structure hydraulique n'est nécessaire en amont et autour de la retenue.

Lorsqu'il existe une bonne réserve d'eau dans la retenue, une irrigation de l'espace en aval est également possible et nécessite à ce moment-là un réseau de distribution (canaux ou tuyauterie), comme c'est le cas dans les aménagements hydro-agricoles « prise au fil de l'eau ». Suivant les conditions géotechniques et morphologiques de l'emprise trois types de petits barrages sont habituellement prévus :

a. Barrage en maçonnerie ou en béton cyclopéen :	emprise rocheuse, de 3 m jusqu'à une hauteur d'environ 5 m *
b. Barrage en enrochement :	emprise rocheuse, à partir d'une hauteur d'environ 5 m jusqu'à 12 m *
c. Barrage en terre :	emprise avec du matériau meuble (terre) d'une hauteur de 3 m jusqu'à 12 m **

Dans la littérature américaine même des barrages avec une hauteur de 20 m sont considérés « petits ».

¹ Le champ d'application du PNIP se limite aux aménagements de bas-fonds, de submersion contrôlée le long des grands cours d'eau, de petits périmètres irrigués villageois, de périmètres maraîchers, de petits barrages, de systèmes de cultures de décrue dans les lacs et dans les mares des zones lacustres, d'ouvrages de rétention d'eau dans les oueds et les oasis sur l'ensemble des huit régions du Mali (voir chapitre 2.3 du PNIP).

² Article 88 de la LOA stipule que « l'État, en rapport avec les collectivités territoriales, la profession agricole et les professionnels de l'eau, élabore des normes sur la conception et la gestion des périmètres et des schémas d'aménagement des terroirs, des bassins fluviaux et des aquifères en vue d'assurer une gestion rationnelle et durable des ressources sols/eau ».

*) Il s'agit de hauteurs indicatives. Une comparaison du coût de construction peut fournir la réponse pour le choix du type. De plus, la morphologie du site joue aussi un rôle décisif pour le choix entre les deux types.

**) En dessous de cette marge donnée, le petit barrage en terre n'est plus rentable car en réduisant encore la hauteur nécessaire pour le déversoir et la revanche, il ne restera qu'une profondeur d'eau peu intéressante.

Il existe encore d'autres types de barrages comme le barrage en gabion, la digue filtrante et la digue semi-filtrante. Ces types de barrages sont plutôt rares au Mali, cependant la nature géotechnique de l'emprise des sites de construction des barrages peut nécessiter le recours à ces types d'ouvrages. Pour leur conception se référer à la documentation suivante : « Les ouvrages en gabions », Techniques rurales en Afrique, Secrétariat d'état aux affaires étrangères, République française ; le mémento de l'agronome ; le mémento de l'adjoint technique des travaux ruraux et le manuel des petits barrages en Afrique subsaharienne.

a. Barrage en maçonnerie

Le corps de l'ouvrage avec une section trapézoïdale est construit entièrement en maçonnerie. Le talus amont sera vertical, le talus aval incliné avec une pente de 1 : 0,75 – 0,80.

Le corps du barrage fonctionnera en même temps comme déversoir. Étant donné l'emprise rocheuse requise, la construction d'un bassin de dissipation n'est pas nécessaire.

Afin de laisser passer les sédiments, un ouvrage de fond est construit. Jusqu'à une hauteur de 3 m, des pertuis sont à prévoir, au-delà il s'agira de prévoir des dalots. Leur nombre dépend de la taille du bassin-versant. Les orifices doivent se fermer à l'aide de batardeaux métalliques.

En situation normale, les batardeaux seront enlevés au plus tard au début de la saison des pluies. Ainsi, l'ouvrage de fond restera ouvert jusqu'à la fin août. Ensuite, les batardeaux seront remplacés. Le volume écoulé en septembre suffira en principe pour remplir la retenue. Dans le cas contraire, l'ouvrage sera fermé un peu plus tôt (question d'expérience).

Figure 1: barrage en maçonnerie de Somoli au Mali

a. Construction du corps du barrage



b. Travaux sur la crête



c. Vue d'ensemble



d. Barrage achevé



b. Barrage en enrochement

Doté d'une section trapézoïdale avec des talus de 1 : 2, le corps du barrage se compose de pierres compactées. Au milieu du corps se trouve un écran d'étanchéité.

Selon la configuration du terrain, le barrage peut avoir un déversoir latéral ou central. La présence de roches rend la construction d'un bassin de dissipation superflue. Pourtant, un déversoir latéral peut le cas échéant nécessiter des mesures supplémentaires comme la construction d'un chenal d'évacuation pour éviter l'érosion.

Pour évacuer les sédiments vers l'aval, un ouvrage de fond avec des dalots sera construit. Le nombre de dalots dépend de la taille du bassin-versant. Les orifices se ferment à l'aide de batardeaux métalliques.

Étant donné que ce type de barrage sera construit sur des bassins-versants plus grands, il est conseillé de fermer l'ouvrage de fond avec les batardeaux au plus tard mi-août. Dès qu'ils sont hors d'eau après la campagne de contre-saison les batardeaux seront enlevés.

Figure 2 : barrage en enrochement de Daga au Mali

a. Travaux d'enrochement en cours



b. Travaux sur l'évacuateur de crue



c. Vue latérale sur le talus amont



a. Mise en eau avec évacuateur latéral



c. Barrage en terre

Également doté d'une section trapézoïdale avec des talus de 1 : 2,5 le corps du barrage se compose de terre bien compactée. Le corps lui-même sert d'élément d'étanchéité.

Selon la configuration du terrain, le barrage peut avoir un déversoir latéral ou central. Le déversoir latéral doit disposer d'une protection directement en aval pour absorber l'énergie hydraulique. L'eau déversée sera évacuée par un chenal stabilisé avec des seuils en gabions arrangés en petites chutes. En cas de déversoir central il faut prévoir un bassin de dissipation en aval.

Pour évacuer les sédiments vers l'aval, un ouvrage de fond avec des dalots sera construit. Le nombre des dalots dépend de la taille du bassin-versant. Les orifices se ferment à l'aide de batardeaux métalliques.

Étant donné que ce type de barrage sera en principe construit sur des grands bassin-versants, il est conseillé de fermer l'ouvrage de fond avec les batardeaux au plus tard mi-août. Dès l'hors d'eau, après la campagne de contre-saison, les batardeaux seront enlevés.

Figure 3 : barrages en terre

(a et b : Plateau central, Burkina Faso, c Pontiéba, Burkina Faso, d. Sébédougou, Burkina Faso)

a. Vue du déversoir, Plateau central



b. Vu d'aval, Plateau central



c. Vue sur le déversoir latéral, Pontiéba



d. Déversoir latéral, Sébédougou



3 Déroulement des étapes avec les standards minima à respecter

Condition préalable : un site potentiellement aménageable, proposé par la population intéressée, est disponible

- Type a : barrage en maçonnerie
- Type b : barrage en enrochement
- Type c : barrage en terre compactée

3.1 Phase de conception

3.1.1 Étape préparatoire

Éléments	Activités	Tâches spécifiques	Standards à respecter/à remplir	Résultats/ décisions à prendre	Remarques
Réunion de cadrage de l'étude	Examen des TDR de l'étude	Le maître d'ouvrage et le Bureau d'Etudes (BE) procèdent à une analyse critique de la méthodologie proposée par le BE	Le maître d'ouvrage et le BE ont la même compréhension des TDR de l'étude		
Documentation	Collecte et traitement des données	Analyser les cartes et plans photographiques disponibles Repérer sur la carte les emprises potentielles Se faire une idée sur l'importance de l'ouvrage	Exploitation des cartes IGM au 1/200 000 Imagerie Google Earth		

3.1.2 Reconnaissance du site de l'ouvrage

Éléments	Activités	Tâches spécifiques	Standards à respecter/à remplir	Résultats/ décisions à prendre	Remarques
Emprise du barrage - Pour type a. maçonnerie et b. enrochement	Visiter le terrain	Vérifier la structuration de la roche	Non-existence de failles tectoniques	Résultat positif : continuation de l'intervention, si non arrêt	
		Examiner la qualité de la roche	Présence de roche dure, non cassante		
		Estimer la profondeur de roche saine	Obtenir si possible une première idée sur la profondeur (question d'expérience, si plus de deux mètres attendre le résultat géotechnique)		

Éléments	Activités	Tâches spécifiques	Standards à respecter/à remplir	Résultats/décisions à prendre	Remarques	
- Pour type c. en terre	Visiter le terrain	Constater la profondeur d'une strate imperméable (éventuellement faire creuser quelques puits d'observation)	Obtenir une première idée sur la profondeur (ne devrait pas dépasser la hauteur approximative de l'eau dans le futur barrage)	Résultat positif : continuation de l'intervention, si non arrêt	Existence d'une couche imperméable est primordiale	
Emprise du barrage - Pour tous les types		Apprécier la forme de la coupe longitudinale Étudier l'ancrage latéral	Forme concave/parabolique jusqu'à la triangulaire Présence des élévations sur les deux cotés			
Cuvette de la retenue		Vérifier l'étanchéité	Non-existence des failles tectoniques Présence d'eau stagnante après l'arrêt de l'écoulement			
		Examiner la morphologie	Faible pente longitudinale < 0,5 % avec pentes latérales < 1 % (éventuellement vérifier avec le niveau)			Pour obtenir un volume d'eau intéressant
		Considérer la couverture végétale	Peu d'arbres, pas d'espèces rares, pas de zones sacrées			

3.1.3 Hydrologie

Éléments	Activités	Tâches spécifiques	Standards à respecter/à remplir	Résultats/ décisions à prendre	Remarques
Crue décennale / centennale	Relever ou calculer les données nécessaires	Déterminer le Bassin-Versant (BV), la pente du terrain, la perméabilité du sol, la pluie décennale, le coefficient de ruissellement, le coefficient d'abattement, les autres indices	Voir « crues et apports », rapport FAO, 1996		Littérature : Crues et apports : manuel pour l'estimation des crues décennale et des apports annuels pour les petits bassins-versants non jaugés de l'Afrique sahélienne et tropicale sèche (FAO, 1996).
	Calculer la crue décennale	Faire le calcul avec une méthode déterminatrice (par ex. ORSTOM / CIEH)	Si les données pour calculer la crue centennale ne sont pas disponibles, multiplier le résultat avec un facteur au moins de 2 (tient aussi compte des effets du changement du climat)	Crue décennale adaptée (HQ10)	L'application de la crue centennale tient aussi compte des effets du changement du climat
	Estimer la crue centennale	Majorer le résultat de la crue décennale avec un coefficient multiplicateur (méthode ORSTOM / Bulletin FAO « Crues et apports »)		Crue centennale (HQ100)	
Écoulement annuel	Relever des données nécessaires	Déterminer le coefficient de ruissellement annuel, le bassin-versant, la précipitation annuelle moyenne	Le coefficient varie selon la propriété du bassin-versant entre 6 % (sol perméable) et 50 % (sol imperméable)		
	Calculer le volume annuel		$V_{calculé} > V_{retenue}$	Volume annuel d'écoulement	
Transport des sédiments	Visiter le BV et le lit du cours d'eau	Essayer de faire une classification qualitative (chargement faible / moyen / fort)	Un chargement au-dessus de 50 kg de sédiment / m ³ d'écoulement peut être déjà considérée comme fort La présence du sable en grande quantité hors du lit mineur est aussi un indicateur pour un chargement très élevé	Degré d'apport des sédiments (si fort, la construction est à reconsidérer)	Prise d'échantillons d'eau durant des crues aux endroits de haute turbulence (rapides en amont ou aval du site)

3.1.4 Topographie

Éléments	Activités	Tâches spécifiques	Standards à respecter/à remplir	Résultats/ décisions à prendre	Remarques
Emprise	Travaux de terrain	Faire la reconnaissance des axes possibles		Plan topographique de l'emprise avec la retenue	
		Marquer sur le terrain le point correspondant à la hauteur maximale provisoire (Hp) du barrage sur l'emprise (limite par terrain)			
Emprise avec retenue	Faire le levé topographique du site (emprise avec retenue)	<p>Établir une ceinture polygonale autour du site (bande d'études)</p> <p>Faire des profils en travers à partir de l'emprise jusqu'à la fin de la retenue</p>	<p>Les points doivent être placés à la périphérie de la retenue à des distances maximales de 200 m</p> <p>Matérialiser les points par de bornes en béton bien ancrés (30 cm profondeur) en cas de roche avec un fer à béton ou par une croix bien ciselée et peinte de couleurs bien visibles), les numéroter et coter</p> <p>Distance entre les profils selon les cas entre 25 m et 50 m</p> <p>Levé à faire entre 0 et Hp + 1,0 m (débordement en hauteur)</p> <p>Lever sur les profils tout changement de pente</p> <p>Enregistrer toutes les particularités (champs, grands arbres, concessions, constructions, ravines, caves, etc.) ; la distance maximum entre les points à lever est de 25 m</p>		
Emprise avec retenue (suite)	Établir le plan de la retenue	Soit calculer les données relevées en cas de lectures physiques avec niveau et établir le plan, soit établir directement en cas de station automatique	Comparer le résultat toujours avec le terrain concerné car des déviations erronées pourraient mettre en cause toute conception ultérieure		Précautions particulières avec une station automatique (erreurs de traitement possibles)
		Dessiner le plan	<p>Échelle 1 : 1000 (2000)</p> <p>Le dénivelé entre les courbes de niveau à 0,25 (0,50) m</p> <p>Indiquer sur le plan les particularités du terrain</p>		

Éléments	Activités	Tâches spécifiques	Standards à respecter/à remplir	Résultats/ décisions à prendre	Remarques
Retenue	Établir la relation Hauteur (h) Surface (S) - Volume (V)	Déterminer les surfaces entre les courbes de niveau et calculer le volume en fonction de la hauteur	Vérifier le résultat avec une formule empirique. Par ex : $V = (\text{surface max.} \times \text{hauteur max.}) / 2,65$	Graphique de la relation hauteur – surface - volume	En cas d'une divergence grave entre planimétrie et calcul empirique revoir la première
		Dresser la courbe hauteur - surface et la courbe hauteur - volume	En ordonné la hauteur, en abscisse les volumes et les surfaces individuelles		

3.1.5 Établissement de l'axe

Éléments	Activités	Tâches spécifiques	Standards à respecter/à remplir	Résultats	Remarques
Axe du barrage	Définir l'axe	Tracer l'axe sur le plan topo	L'axe doit normalement suivre les points de rétrécissement des courbes de niveau		
		Déterminer la hauteur définitive Hd du barrage en fonction des conditions du terrain (limite par terrain) ou par les besoins en eau (voir étude socio-économique)	En considérant, en même temps, les surfaces inondées et d'autres conditions du terrain (champs de culture, concessions, dépressions latérales dans la cuvette, routes, etc.)	Hauteur Hd, longueur L et volume V de la retenue	Hd signifie pour le type a. (maçonnerie) en même temps niveau maximum de la retenue d'eau Pour type b. et c., le niveau maximum de la retenue d'eau est plus bas !
		Matérialiser l'axe sur le terrain	Sur surface rocheuse avec peinture sur les deux extrémités de l'axe, sur terrain meuble avec deux bornes bien scellées aux deux extrémités de l'axe Matérialiser un deuxième axe un mètre en amont	Axe provisoire du barrage sur le terrain	

3.1.6 Géotechnique

Éléments	Activités	Tâches spécifiques	Standards à respecter/à remplir	Résultats	Remarques
Emprise/axe (pour type a. et b.)	Prospection du sous-sol	Faire des sondages et puits d'observation le long de l'axe dans la roche ou terrain rocheux	Puits à des distances de 10 à 15 m Profondeur des puits jusqu'à la roche saine Principe : la profondeur est fonction de la profondeur de la retenue et dépend aussi de l'importance du barrage Pour type a. : jusqu'à un mètre de moyenne (jusqu'à deux mètres aux endroits individuels respectivement trois mètres aux endroits ponctuels) ; Pour type b. : en moyenne deux à trois mètres (à certains endroits ponctuels jusqu'à 4 à 5 m)		Si la profondeur de la roche saine dépasse ces données, il faut voir si le coût respecte la rentabilité de l'ouvrage sinon déplacer la section concernée de l'axe et reprendre le sondage
	Établir un profil géotechnique	Dessiner un plan avec les différentes couches rencontrées et la présence de la roche saine		Profil géotechnique Confirmation de l'axe du barrage	
Retenue pour type a, b, c	Travaux de terrain	En cas de besoin, faire quelques puits d'observation dans le sol meuble dans la retenue	Veiller à détecter l'existence de failles et les endroits où l'eau disparaît localement et s'assurer de l'existence d'une couche imperméable		
Carrière	Prospecter le terrain	Rechercher l'existence d'eau, du sable, du gravier et de la roche bien cassante pour la maçonnerie et l'enrochement	La distance entre site du barrage et la carrière pour la roche ne devrait pas dépasser 5 km		
Emprise/axe (cas particulier pour type c. barrage en terre)	Prospection du sous-sol	Faire des sondages et puits d'observation dans le sol meuble	Distance entre les puits de 25 à 50 m Profondeur des puits jusqu'à une strate imperméable Principe : profondeur maximale égale à la profondeur maximale de la retenue Existence d'une couche imperméable (argile, argile limoneuse ou roche saine) est décisive pour la construction		Si la profondeur de la couche imperméable dépasse ces données ou s'il existe d'autres difficultés géotechniques, voir l'approche type a. et b.
	Établir un profil géotechnique	Dessiner un plan avec les couches rencontrées jusqu'à la présence de la roche saine ou d'une couche imperméable		Profil géotechnique Confirmation de l'axe du barrage	

Éléments	Activités	Tâches spécifiques	Standards à respecter/à remplir	Résultats	Remarques
Carrière	Prospecter le terrain	Prospecter une carrière pour le corps du barrage et déterminer <ul style="list-style-type: none"> - la puissance de l'emprunt exploitable - l'épaisseur de la couche superficielle inutilisable - l'épaisseur de la couche exploitable - le volume approximatif disponible Prélever des échantillons dans l'emprunt et les acheminer au laboratoire	La distance entre site du barrage et la carrière pour le sol ne devrait pas dépasser 5 km Faire examiner les échantillons dans un laboratoire reconnu		
	Travaux de laboratoire	Déterminer les caractéristiques suivantes : <ul style="list-style-type: none"> - la classification des sols - la granulométrie - les limites Atterberg - l'optimum Proctor - la perméabilité 	Les essais sont faits dans un laboratoire reconnu conformément aux standards internationaux existants Caractéristiques exigées : <ul style="list-style-type: none"> - Bonne granulométrie ($d_{60}/d_{10} = < 50$) - $LL < 50, IP = 10 - 20$ - $90 - 95 \%$ de l'optimum - Perméabilité $< 5.10^{-6}$ m/s 	Une /des carrière(s) a /ont été identifiée(s) avec du matériau conforme aux exigences géotechniques	Pour la construction des petits barrages jusqu'à une hauteur de 8 à 10 m Au-delà il faut encore d'autres données

3.1.7 Conception du barrage

Éléments	Activités	Tâches spécifiques	Standards à respecter/à remplir	Résultats	Remarques
Choix du type (en maçonnerie, enrochement ou terre compactée)	Analyser l'emprise et la hauteur	Analyser et prendre en compte les informations relatives à la nature du sol de l'emprise et à la hauteur du barrage Analyser et prendre en compte la nature et la qualité des matériaux disponibles	1. Emprise rocheuse et $H_d < 5$ m : maçonnerie en cas des sites encaissés H_d peut être supérieur à 5 m 2. Emprise rocheuse et $H_d > 5 - 12$ m : enrochement 3. Emprise sur terrain meuble (terre) : en terre compactée et $H_d > 3$ à 12 m	Type du barrage est connu	Données moyennes sont empiriques En cas de doute, faire une comparaison du coût

3.1.7.1 Type a. maçonnerie

(voir aussi croquis à la fin de ce chapitre)

Éléments	Activités	Tâches spécifiques	Standards à respecter/à remplir	Résultats	Remarques
Section et structure du corps du barrage	Appliquer une section trapézoïdale	Concevoir un barrage entièrement en maçonnerie structurée jusqu'à la hauteur H_d	Mur vertical d'étanchéité en amont avec dosage de ciment de 400 kg/m ³ et d'épaisseur $e = 0,50$ m Mur incliné en aval avec une pente de $1 : 0,75 - 0,80$ avec dosage de 300 kg/m ³ et d'épaisseur $e = 0,50$ m Maçonnerie à l'intérieur avec dosage de ciment de 200 kg/m ³ Largeur minimum de la crête : $l = 0,40$ m si BV ≤ 10 km ² ; $l = 0,50$ m si BV compris entre 10 et 25 km ² $l = 0,60$ m si BV compris entre 25 et 50 km ² $l = 0,80$ m si BV > 50 km ²		Données empiriques La largeur définitive de la crête sera calculée plus tard Veiller bien au dosage correct du mortier ou béton
Ancrage et l'étanchéité au sous-sol	Prévoir l'ancrage : Cas 1 : emprise avec la roche saine :	Prévoir d'une part, une tranchée d'ancrage d'au moins 0,10 m dans la roche saine et d'autre part, prévoir entre la roche et le mur d'étanchéité des fers d'ancrage	Distance horizontale des fers 0,50 m Longueur des fers 0,60 m, dont 0,30 m est scellé dans la roche Prévoir sur la roche avant la construction du mur un adjuvant d'étanchéité (par ex. Sikalutex)		
	Cas 2 : emprise avec la roche fissurée	Prévoir sous le mur d'étanchéité une tranchée jusqu'à la roche saine	Largeur de la tranchée : minimum 0,50 m Prévoir sur la roche avant la construction du mur un adjuvant d'étanchéité (par ex. Sikalutex)		
Drainage	Concevoir le drainage	Placer le drainage derrière le mur d'étanchéité	Aucun mortier entre le mur et la partie intérieure du barrage		Seulement contact physique
		Prévoir le drainage au pied aval du mur d'étanchéité avec plusieurs sorties perpendiculaires vers l'aval de la même manière	Le drainage consiste en une rangée de pierres taillées et non enrobées de mortier le long du mur et en sens perpendiculaire (voir croquis à la fin du chapitre 3.1.7.1)		Veiller à la réalisation correcte du drainage
Déversoir avec bassin de dissipation	Conception pas nécessaire				Crête du barrage est en même temps déversoir La présence de roche au niveau de l'emprise ne nécessite pas de bassin de dissipation

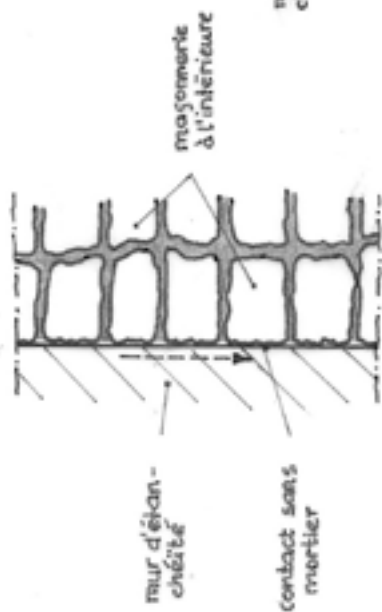
Éléments	Activités	Tâches spécifiques	Standards à respecter/à remplir	Résultats	Remarques
Ouvrage de vidange	Concevoir l'ouvrage Variante a. pertuis	Prévoir à l'endroit le plus bas de l'axe du barrage des pertuis de 1,50 m de largeur Prévoir chaque côté un pilier de 0,50 m d'épaisseur comme renforcement En amont, les piliers dépassent la paroi verticale de 0,80 m, en aval de 1,0 à 1,5 m de la paroi inclinée Prévoir une passerelle pour franchir le pertuis Fermeture avec batardeaux métalliques superposés dans de rainures avec glissières métalliques	Nombre des pertuis ou dalots : Bassin versant - jusqu'à 25 km ² : 1 - de 25 à 50 km ² : 2 - de 50 à 100 km ² : 3 à 4 - vérifier que le nombre de pertuis permet de vidanger la retenue en fonction des besoins préalablement définis Joints de dilatation étanches Dimensions des batardeaux: 1,60 m x 0,50 m en cadre U avec tôle de 3 mm minimum		Nombre représentative une valeur empirique Pertuis pour barrages jusqu'à 3 m de hauteur, au-dessus prévoir des dalots
	Variante b. dalot	Même largeur, hauteur de l'orifice 1,0 m		Barrage en maçonnerie conçu	

Croquis : petit barrage de type a maçonnerie

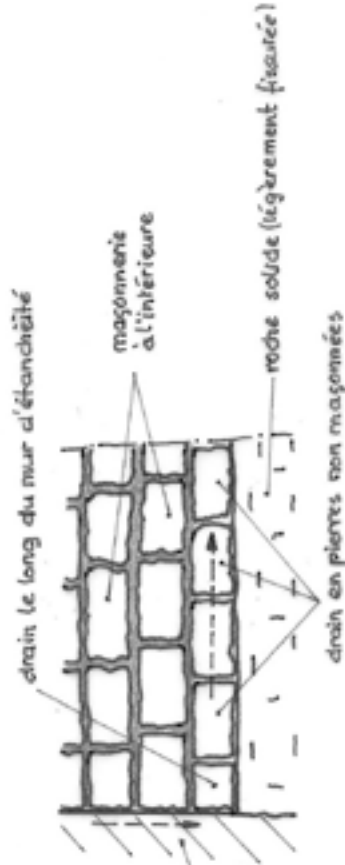
a) Drainage type

Drainage type

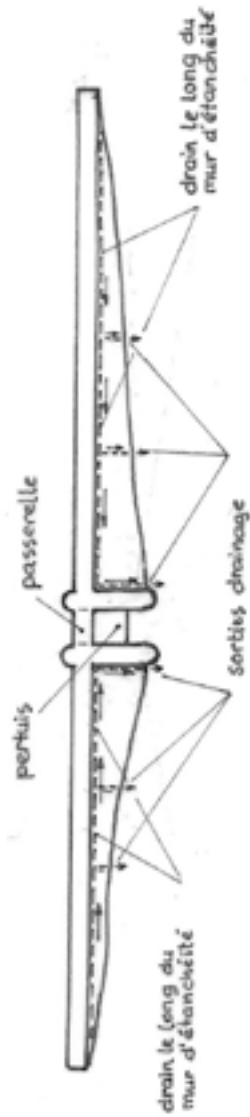
Détail A: Drainage vertical



Détail B: Drainage vertical et horizontal



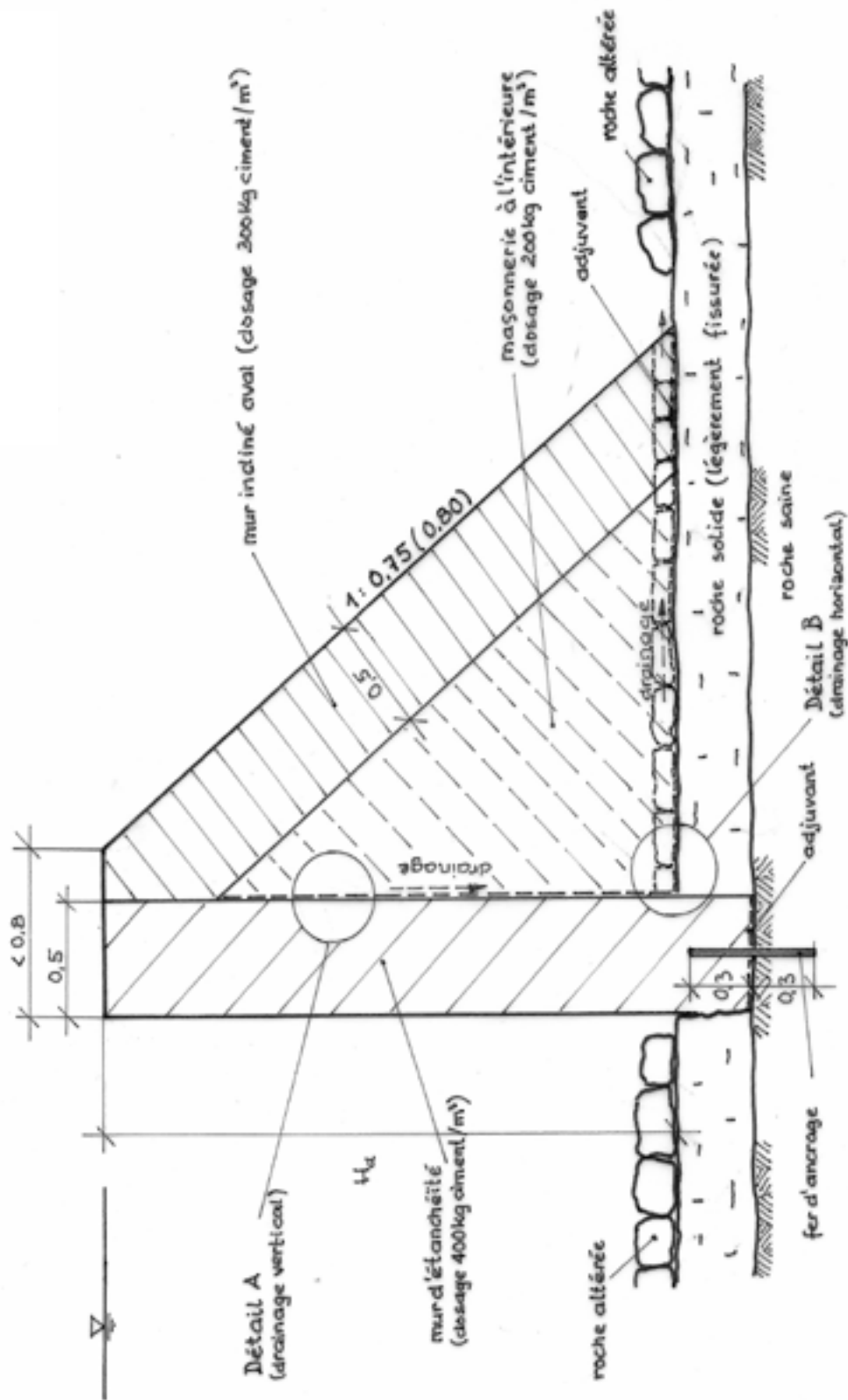
Principe du drainage



Toutes mesures en m

Section type

b) Section type



Toutes mesures en m

3.1.7.2 Type b. enrochement

(voir aussi croquis type à la fin de ce chapitre)

Éléments	Activités	Tâches spécifiques	Standards à respecter/à remplir	Résultats	Remarques
Section et structure du corps	Appliquer une section standard	Concevoir un barrage en enrochement avec une paroi d'étanchéité à l'intérieur Prévoir un corps homogène sous forme trapézoïdale en pierres de bonne qualité jusqu'à la hauteur Hd ;	Talus amont 1 : 2 Talus aval 1 : 2 Largeur crête 3,5 m Paroi d'étanchéité : Mur de support vertical à l'intérieur de la digue en maçonnerie ordinaire avec dosage de ciment de 150 kg/m ³ Le côté amont bien lissé est revêtu par un folio imperméable (par ex. SikalateX, épaisseur 1,8 mm) et superposé d'un géotextile (250 g/m ²)		Données empiriques valables jusqu'à une hauteur de 10 à 12 m (voir le barrage de Daga au Pays Dogon avec une hauteur de 10 m) Les pierres doivent être non altérées, solides et carrées La réalisation du corps doit se faire en couches de 30 cm, qui seront compactées
Ancrage et étanchéité au sous-sol	Prévoir l'ancrage Cas 1 : emprise avec roche saine Cas 2 : emprise avec la roche fissurée	Prévoir entre la roche et le mur de support des fers d'ancrage Faire une tranchée jusqu'à la roche saine Prévoir de fers d'ancrage le long de l'axe dans la roche Concevoir au-dessus le mur de support en maçonnerie Prévoir en amont un socle en béton de haute qualité, dans lequel le bout inférieur du folio y compris le géotextile sera bien noyé L'espace restant en amont et aval sera fermé avec du béton	Distance horizontale des fers 0,50 m Longueur des fers 0,60 m, dont 0,30 m est scellé dans la roche Prévoir l'application d'un adjuvant d'étanchéité (par ex. SikalateX) sur la roche avant la construction du mur (les deux cas) Épaisseur 0,30 m, dosage mortier de 200 kg/m ³ Béton avec dosage de 400 kg/m ³ Béton avec dosage de 250 kg/m ³		
Drainage	La conception n'est pas nécessaire				Le corps du barrage fonctionne comme un drain
Déversoir et bassin de dissipation	Concevoir le déversoir I. Type latéral	Si il y a l'espace disponible, concevoir le déversoir latéral le plus long possible afin de retenir un maximum d'eau Prendre la lame déversante (voir chapitre 7.1) et déterminer la hauteur hd du déversoir et la hauteur du déversoir à sa base hdev	Hauteur du déversoir $hd = h + r$ Hauteur de la base du déversoir : $hdev = Hd - h - r$ $Hd -$ hauteur du barrage $h -$ épaisseur de la lame déversante $r -$ revanche (0,50 m)		Donner la priorité au déversoir latéral, si terrain le permet En plus, essayer de créer un déversoir semi mobile (une partie mobile fermant aux batardeaux et une partie fixe).

Éléments	Activités	Tâches spécifiques	Standards à respecter/à remplir	Résultats	Remarques
Déversoir avec bassin de dissipation (suite)	Concevoir le déversoir (suite)	<p>Déterminer l'emplacement</p> <p>Assise rocheuse : façonner une section trapézoïdale</p> <p>Faire l'ancrage au sol comme pour un barrage en maçonnerie</p> <p>Prévoir un mur de séparation entre barrage et déversoir</p> <p>Prévoir tout l'ouvrage en maçonnerie</p> <p>Faire dissiper l'énergie à travers le terrain rocheux</p> <p>Assise en terre : faire le déversoir en section trapézoïdale jusqu'au terrain, continuer plus bas par un mur vertical jusqu'à une profondeur deux fois la hauteur du déversoir</p> <p>Prévoir un mur de séparation entre barrage et déversoir</p> <p>Prévoir tout l'ouvrage en maçonnerie</p> <p>Prévoir en aval du déversoir un tapis en gabions sur géotextile</p> <p>Dissiper l'énergie le cas échéant par un chenal stabilisé avec des seuils en gabions arrangés en petites chutes</p>	<p>Paroi amont verticale, paroi aval inclinée avec une pente de 1 : 0,75 – 0,80</p> <p>Largeur minimum de la crête : voir barrage en maçonnerie</p> <p>Largeur définitive après calcul de stabilité</p> <p>Mur de séparation avec épaisseur min. de 0,50 m</p> <p>Toute la maçonnerie avec un dosage de ciment de 400 kg/m³</p> <p>Section du déversoir : voir assise rocheuse</p> <p>Mur de séparation avec épaisseur min. de 0,50 m</p> <p>Tout en maçonnerie avec un dosage de ciment de 400 kg/m³ ;</p> <p>Largeur du tapis : au moins quatre fois la hauteur du déversoir</p> <p>Épaisseur du tapis : 0,50 m</p>		Ainsi, cela augmente la capacité d'évacuation et cela permet d'exploiter les zones peu profondes de la retenue avec la riziculture

Éléments	Activités	Tâches spécifiques	Standards à respecter/à remplir	Résultats	Remarques
Déversoir et bassin de dissipation (suite)	Concevoir le déversoir 2.Type central	<p>Pour la hauteur du déversoir et la base voir type latéral</p> <p>Déterminer l'emplacement du déversoir</p> <p>La base du déversoir constitue une partie de la crête dont la cote est plus basse ($H_d - r - h$)</p> <p>La partie aval suit le talus aval du barrage sous la forme d'un chenal Le déversoir et le chenal sont latéralement limités par un mur Tout le déversoir est construit en maçonnerie</p> <p>Bassin de dissipation : peut être supprimé en présence de roche sur l'emprise</p>	<p>Même principe de conception que le déversoir latéral, seulement il faut trouver un rapport économique entre longueur et hauteur du déversoir (voir calcul respectif sous 7.1) Réaliser la conception selon les règles de l'art existantes</p> <p>La profondeur du chenal (perpendiculaire à la pente) est la moitié de la hauteur du déversoir, donc $0,5(h+r)$ Tous les éléments maçonnés (murs et radier) sont dotés d'une épaisseur minimum de 0,50 m Le dosage en ciment est 400 kg/m^3</p>		<p>Au niveau des petits barrages, cette variante est plutôt rare</p> <p>En cas de nécessité, des interventions limitées auprès de l'aire de dissipation sont à réaliser</p>
Ouvrage de fond	Concevoir l'ouvrage	<p>Prévoir à l'endroit le plus bas de l'axe du barrage des dalots d'une largeur de 1,50 m et d'une hauteur de 1,00 m Prévoir des murs latéraux de 0,50 m d'épaisseur comme renforcement Le radier au fond et la dalle au-dessus des dalots sont fait en béton armé Au bout amont et aval de la dalle en béton armé, un petit muret verticale d'un demi mètre de hauteur est prévu En amont, les murs latéraux dépassent le pied du barrage de 1,00 m, en aval :</p>	<p>Nombre des dalots : Bassin versant - jusqu'à 25 km^2 : 1 - de 25 à 50 km^2 : 2 - de 50 à 100 km^2 : 3 à 4</p> <p>Les murs sont en maçonnerie d'un dosage de ciment de 400 kg/m^3 ;</p> <p>Radier et dalle sont en béton armé de 350 kg/m^3</p>		Nombre représente une valeur empirique

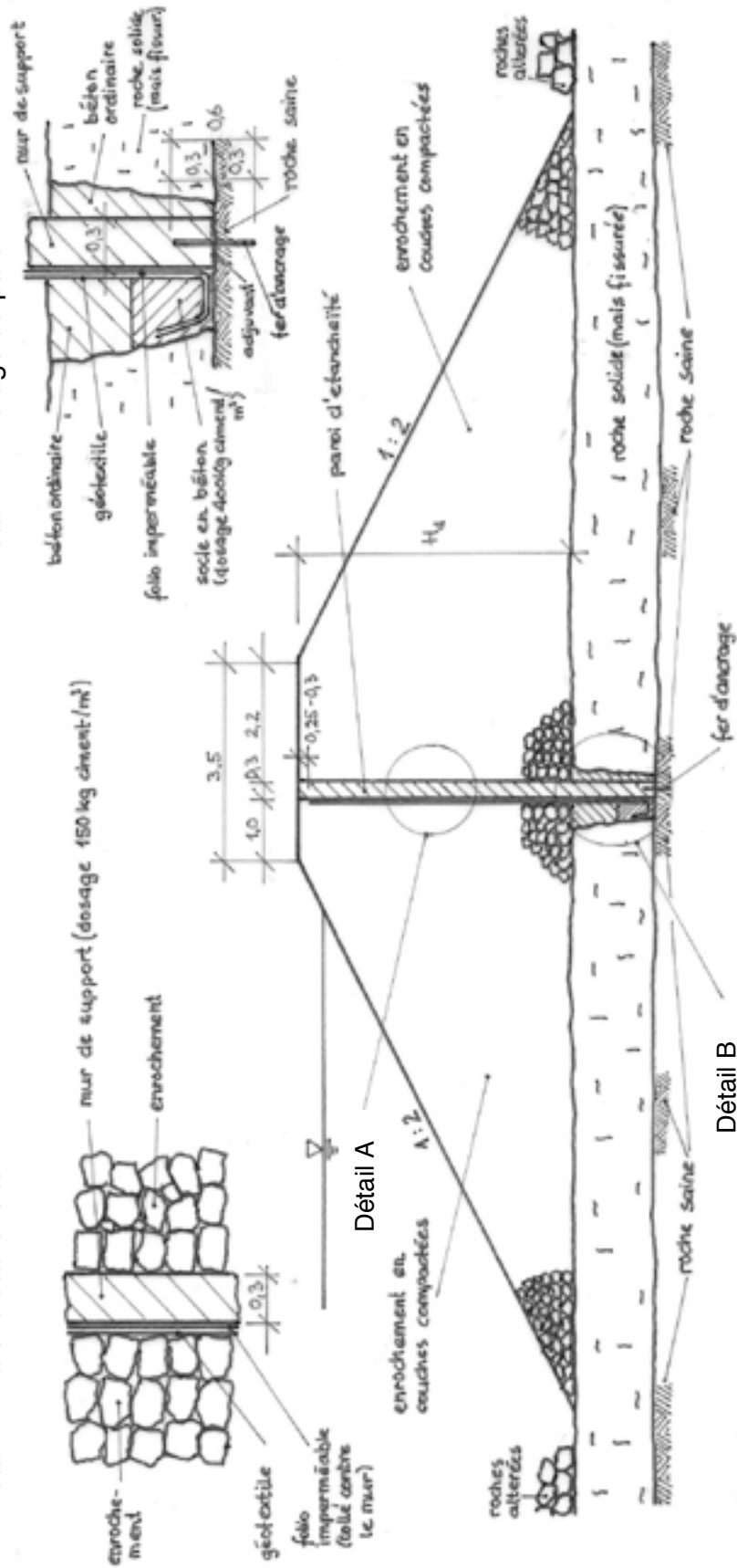
Éléments	Activités	Tâches spécifiques	Standards à respecter/à remplir	Résultats	Remarques
		<p>- cas déversoir latéral : de 2,00 m - cas déversoir central : de 3,00 m Cela vaut seulement pour les deux murs externes, les autres se marient avec la forme de la dalle en béton armé</p> <p>Fermeture avec batardeaux métalliques superposés dans des rainures avec glissières métalliques</p>	<p>Dimensions des batardeaux : 1,60 m x 0,50 m en cadre U avec tôle de 3 mm minimum</p>	<p>Barrage en enrochement conçu</p>	

Croquis : petit barrage de type b enrochement

Section type

Détail A: Paroi d'étanchéité

Détail B: Ancrage du paroi



Toutes mesures en m

3.1.7.3 Type c. en terre compactée

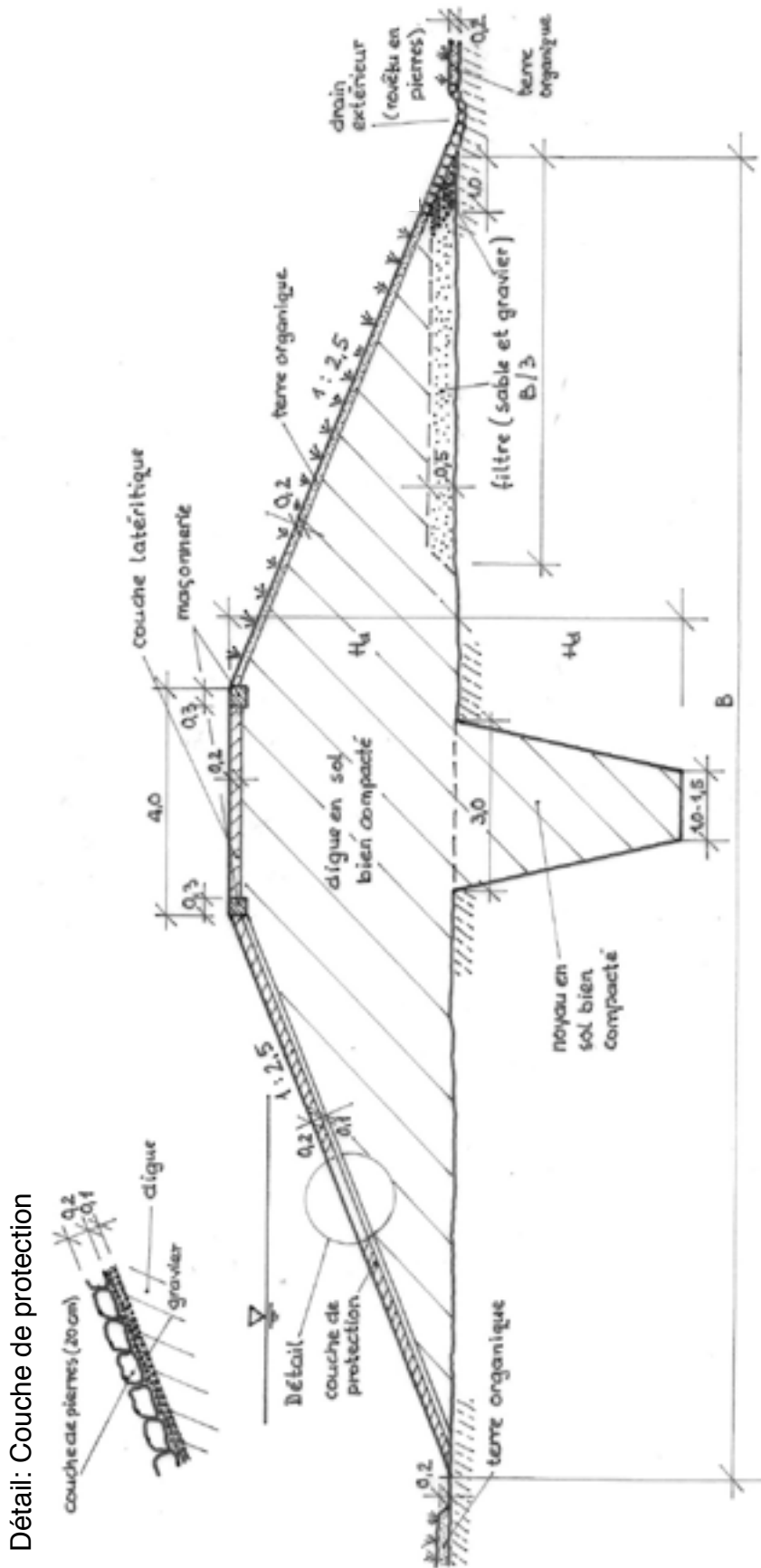
(voir croquis type à la fin de ce chapitre)

Éléments	Activités	Tâches spécifiques	Standards à respecter/à remplir	Résultat	Remarques
Section et structure du corps	Appliquer une section standard	<p>Concevoir un barrage en terre compactée avec un corps homogène et une section trapézoïdale jusqu'à la hauteur H_d</p> <p>Déblayer l'emprise du sol organique; Doter le talus amont d'une couche de pierres bien rangées sur un filtre en gravier Les deux côtés de la crête du barrage sont de préférence à stabiliser par une maçonnerie linéaire dont l'espace entre les deux est rempli avec un matériau latéritique compacté Le talus aval est à revêtir, si possible, par une couche de terre organique qui sera végétalisée pour éviter l'érosion Prévoir le long du pied aval de la digue un simple drain</p>	<p>Talus amont 1 : 2,5 Talus aval 1 : 2,5 Largeur crête : 4,0 m Quant aux caractéristiques du sol à utiliser, voir les standards énumérés au chapitre géotechnique Prévoir un compactage de la terre en couches de 20 cm par rouleau à pied mouton de préférence</p> <p>Couche de 20 cm Pierres de 20 cm sur un filtre de 10 cm</p> <p>Maçonnerie linéaire de 30 x 30 cm</p> <p>Couche de 20 cm</p>		<p>Données empiriques valables jusqu'à une hauteur de 12 m</p> <p>L'étanchéité du barrage est assurée par la digue elle-même qui sera faite avec un sol déterminé par un laboratoire</p>
Étanchéité du sous-sol	Concevoir un noyau étanche	<p>Prévoir un noyau en sol bien compacté le long de l'axe de la digue jusqu'à la profondeur indiquée par les sondages géotechniques Largeur du noyau sous le sol : en haut 3,0 m, en bas 1,0 – 1,5 m</p>	<p>Profondeur minimum égale à la hauteur du barrage Existence d'une couche imperméable (argile, roche saine, etc.) comme élément de contact pour le noyau est préférable pour assurer l'étanchéité du sous-sol Même compactage que pour le corps du barrage</p>		<p>Utiliser pour le noyau le même sol que pour la digue</p>
Drainage			<p>Épaisseur du filtre : 0,50 m, prévoir en aval du sable une petite section en gravier qui représente la zone de transition vers le drain extérieur (voir croquis à la fin du chapitre 3.1.7.3)</p>		

Éléments	Activités	Tâches spécifiques	Standards à respecter/à remplir	Résultat	Remarques
Déversoir et bassin de dissipation	Concevoir l'ouvrage	Déversoir latéral : Voir barrage en enrochement Déversoir central : Même principes de conception que pour le barrage en enrochement sauf qu'il faut : - prévoir un bassin de dissipation avec des blocs de chute, des blocs chicanes, des barbacanes et un seuil terminal de 0,3 m	Voir barrage en enrochement Épaisseur des murs et radier : minimum 20 cm Dosage de ciment : 400 kg/m ³ Conception du bassin de dissipation conforme aux règles de l'art existantes Largeur du bassin = au moins 2 fois H H= hauteur de la chute		Donner la priorité au déversoir latéral, si les conditions du terrain le permettent En plus, essayer de créer un déversoir semi-mobile (voir barrage en enrochement)
Ouvrage de fond	Concevoir l'ouvrage	Mêmes principes de conception que pour le barrage en enrochement sauf que : - toute la construction sera en béton armé	Épaisseur des murs et dalles : minimum 20 cm Dosage de ciment : 400 kg/m ³	Barrage en terre conçu	

Croquis : petit barrage de type c en terre compactée

Section type



N.B.: Profondeur minimum du noyau = H_d
(de préférence jusqu'à une couche imperméable)

Toutes mesures en m

3.1.8 Calculs divers

3.1.8.1 Dimensionnement du déversoir du type a. maçonnerie

Éléments	Activités	Tâches spécifiques	Standards à respecter/à remplir	Résultats	Remarques
Déversoir	Calculer la lame d'eau	Calculer avec la longueur connue l'épaisseur de la lame d'eau déversante h par voie itérative	Calcul à faire avec la crue décennale amendée ou centennale Application de la formule de Poleni pour la quantité déversante : $Q = 2/3 \mu \sqrt{2g} L h^{3/2}$ dont $\mu = \text{coefficient} = 0,5$ $L = \text{longueur du déversoir}$ $h = \text{lame déversante}$ Condition d'écoulement : dénoyée h varie entre 0,2 et 1,0 m	Épaisseur de la lame d'eau	Appliquer la crue décennale amendée ou centennale est une mesure de précaution largement suffisante Crête du barrage sert en même temps que le déversoir; donc la longueur est déjà connue

3.1.8.2 Dimensionnement du déversoir du type b. enrochement et c. en terre

Éléments	Activités	Tâches spécifiques	Standards à respecter/à remplir	Résultats	Remarques
Déversoir	Faire le calcul pour le déversoir latéral Faire le calcul pour le déversoir central	Calculer les dimensions du déversoir (choisir la longueur et calculer la lame déversante, puis la hauteur de la base du déversoir) En principe, même calcul que pour le déversoir latéral	Même processus que pour le type a. Une fois la longueur déterminée, on calcule par voie itérative la lame h, puis avec la revanche, la hauteur hd du déversoir et la hauteur de la base du déversoir (hdev) Hauteur du déversoir $hd = h + r$ Hauteur de la base du déversoir : $hdev = Hd - h - r$ Hd – hauteur du barrage h – épaisseur de la lame déversante r – revanche (0,50 m) Il faut trouver un rapport économique entre longueur et hauteur du déversoir	Longueur et hauteur du déversoir	S'il y a l'espace disponible, concevoir le déversoir latéral le plus long possible afin de retenir un maximum d'eau

3.1.9 Calcul de stabilité

3.1.9.1 Type a. maçonnerie

Éléments	Activités	Tâches spécifiques	Standards à respecter/à remplir	Résultats	Remarques
Stabilité	Calculer la stabilité du barrage	Faire le calcul avec la force hydraulique exercée par l'écoulement de la crue centennale ou décennale adaptée Calculer selon les règles de l'art pour les trois critères : - renversement, - glissement, - résultante des forces au centre tiers de la base Si un de critères n'est pas rempli, agrandir la largeur de la crête	Poids spécifique = 2,2 Mp/m ³ Vérifier, conformément aux règles de l'art, les trois critères suivants : 1. Renversement : Σ moments stabilisants / Σ moments renversants $\geq 1,5$ 2. Glissement : Σ forces verticales / Σ forces horizontales $\geq 1,5$ 3. Résultante des forces au centre tiers : $b/3 < d < 2 b/3$ d – bras de levier de la résultante de toutes les forces b = base du déversoir	Barrage est stable avec la section connue	Le calcul des contraintes à la base n'est pas nécessaire, car la contrainte admissible pour le grès quartzitique ou similaire se trouve loin au-dessus des contraintes maximales qui peuvent se produire sur un petit barrage

3.1.9.2 Type b. enrochement

Éléments	Activités	Tâches spécifiques	Standards à respecter/à remplir	Résultats	Remarques
Stabilité		Le calcul de stabilité n'est pas nécessaire	Caractéristiques des pierres utilisées : grès quartzitiques, granit ou similaire Les pierres doivent être non altérées, solides et carrées	Barrage est stable avec la section connue	Avec des talus 1 : 2 en amont et en aval, la stabilité de la digue est assurée (voir comme exemple le barrage de Daga au pays Dogon avec une hauteur de 10 m et des talus de 1 : 1,7). Ainsi, la vérification de la stabilité (glissement, rupture de la berge ou rupture du matériau de l'emprise rocheuse) n'est pas nécessaire

3.1.9.3 Type c. en terre

Éléments	Activités	Tâches spécifiques	Standards à respecter/à remplir	Résultats	Remarques
Stabilité	Calculer la stabilité du barrage	Le calcul de stabilité n'est pas nécessaire jusqu'à 5 m, au-delà réaliser le calcul de stabilité	Caractéristiques exigées du sol utilisé : Granulométrie : - bonne granulométrie $d_{60}/d_{10} = < 50$ Limites Atterberg : - LL < 50, IP = 10 – 20 Données Proctor : - 90 – 95 % de l'optimum Perméabilité : $k < 5.10^{-6}$ m/s	Barrage est stable avec la section connue	Avec des talus 1 : 2,5 en amont et en aval pour les digues jusqu'à 5 m, la stabilité de la digue est assurée. Ainsi, la vérification de la stabilité (glissement, rupture de la berge ou rupture du matériau de l'emprise) n'est pas nécessaire. Au-delà de 5 m, faire les calculs nécessaires

3.1.10 Estimation de la superficie irrigable

Éléments	Activités	Tâches spécifiques	Standards à respecter/à remplir	Résultats	Remarques
Évaporation et évapotranspiration	Chercher les données	Relever dans les annuaires météorologiques, les données pluviométriques (en mm) d'octobre à janvier;	Pour l'évapotranspiration, utiliser une valeur moyenne mensuelle pour les cultures		
Calcul grossier de la surface irrigable	Faire le calcul en étapes	Principe du calcul par voie itérative : Débuter le calcul avec une retenue pleine et une superficie irriguée admise	Calcul à faire à partir début / mi- octobre Seulement une saison de culture (4 mois) est proposée afin d'utiliser au maximum la réserve d'eau disponible (période réduite en évaporation et évapotranspiration)		Supposition : - La retenue est pleine début / mi-octobre
		Déduire à partir d'octobre en étapes journalières toutes les pertes par évaporation et infiltration y compris des fuites (prendre pour les deux derniers entre 1 à 2 mm/jour) et la consommation pour l'irrigation et le bétail, tout exprimé en m ³ d'eau Utiliser, pour ce calcul, la courbe hauteur – surface – volume de la retenue			- Pour le calcul de la superficie irrigable la consommation de l'eau durant la saison hivernale n'est pas déterminante
Calcul grossier de la surface irrigable (suite)	Faire le calcul en étapes (suite)	Vérifier fin janvier (mi-février), le bilan d'eau et répéter le cas échéant le calcul soit en augmentant soit en réduisant la superficie irrigable jusqu'à ce qu'il reste un volume de 5 000 m ³ pour l'abreuvement		Superficie irrigable	Pour le cas où la superficie irrigable est plus grande que les besoins exprimés dans l'étude socio-économique, on pourrait réduire la hauteur du barrage Par mesure de sécurité, il est recommandé d'emblaver la 1 ^{ère} année une superficie un peu plus petite que calculée et attendre la fin de la saison Le réajustement sera fait l'année suivante

3.2 Phase de réalisation

3.2.1 Type a. maçonnerie

Étapes	Activités	Tâches spécifiques	Standards à respecter/à remplir	Résultats	Remarques
Préparation de l'emprise Cas 1 : emprise en roche saine Cas 2 : emprise en roche fissurée	Déblayer légèrement l'emprise Déblayer l'emprise	Enlever le matériau déblayé sur la roche dure Enlever tout matériau meuble sur l'assise du barrage jusqu'à la roche dure	Faire au moins un ancrage de 10 cm dans la roche saine		
Préparation de l'ancrage Cas 1 : emprise en roche saine Cas 2 : emprise en roche meuble / fissurée	Positionner le fer d'ancrage Faire une tranchée	Placer entre la roche et le mur d'étanchéité des fers d'ancrage Excaver sous le mur d'étanchéité une tranchée jusqu'à la roche saine	Distance horizontale des fers 0,50 m Longueur des fers 0,60 m, dont 0,30 m est scellé dans la roche Appliquer sur la roche avant la construction du mur d'étanchéité un adjuvant d'étanchéité (par ex. Sikalatex) Largeur de la tranchée : minimum 0,50 m Appliquer sur la roche avant la construction du mur d'étanchéité un adjuvant d'étanchéité (par ex. Sikalatex)		
Construction du corps du barrage avec drainage	1 ^{ère} étape : construire le mur d'étanchéité 2 ^{ème} étape : construire la partie intérieure avec le drainage	Bâtir en couches horizontales 1. Drainage derrière le mur d'étanchéité 2. Drainage au pied aval du mur d'étanchéité avec évacuation vers l'aval	Pour la maçonnerie : pierres taillées de bonne qualité (dures, éclatantes) Bien humecter avant utilisation Sable propre et de bonne granulométrie, 2 mm Eau propre et limpide Mur d'étanchéité en amont avec dosage de ciment de 400 kg/m ³ et d'épaisseur e = 0,50 m Utiliser Sikalatex ou similaire pour augmenter l'étanchéité Maçonnerie à l'intérieur avec dosage de ciment de 200 kg/m ³		Valable pour tous les ouvrages en maçonnerie L'espace restant amont est comblé avec de la terre compactée, l'aval avec de la maçonnerie

Étapes	Activités	Tâches spécifiques	Standards à respecter/à remplir	Résultats	Remarques
			<p>Aucun mortier entre le mur et la partie intérieure du barrage (contact physique seulement)</p> <p>Emplacement d'une rangée des pierres taillées et non enrobées de mortier le long de la base du mur et au niveau de l'assise à plusieurs endroits perpendiculairement vers l'aval (voir croquis à la fin du chapitre 3.1.7.1)</p>		
Construction du corps du barrage avec drainage (suite)	3 ^{ème} étape : construire le mur incliné	Bâtir en couches horizontales	<p>Mur incliné en aval avec une pente de 1 : 0,75 – 0,80 avec dosage de 300 kg/m³ et d'épaisseur e = 0,30 m minimum</p> <p>Traiter la base du mur avec Sikalatex</p> <p>Largeur de la crête : voir résultat du calcul de stabilité</p>		
Déversoir avec bassin de dissipation	La réalisation de ces ouvrages n'est pas nécessaire				La crête du barrage est en même temps déversoir La présence de roche à l'emprise ne nécessite pas la construction d'un bassin de dissipation
Ouvrage de vidange	Construire l'ouvrage	Édifier soit à l'endroit le plus bas soit au milieu de l'axe du barrage des pertuis ou des dalots de 1,50 m de largeur	<p>Nombre des pertuis et dalots</p> <p>BV jusqu'à 25 km² : 1</p> <p>BV de 25 à 50 km² : 2</p> <p>BV de 50 à 100 km² : 3 à 4</p> <p>Rappel : épaisseur de la tôle des batardeaux : 3 mm</p> <p>Bien traiter les batardeaux avec une couche de fond suivie de trois couches de peinture anti-rouille</p>	Barrage en maçonnerie construit	Nombre représente une valeur empirique

NB : la maçonnerie doit être bien arrosée (deux fois par jour) et protégée d'un séchage trop rapide par un ombrage efficace (bâche, sacs, pailles pendant une semaine)

3.2.2 Type b. enrochement

Étapes	Activités	Tâches spécifiques	Standards à respecter/à remplir	Résultats	Remarques
Préparation de l'emprise Cas 1 : emprise en roche saine Cas 2 : emprise en roche fissurée	Nettoyer et déblayer dans la roche saine Déblayer l'emprise	Enlever tout le matériau déblayé sur la roche saine Enlever tout matériau meuble sur l'assise du barrage jusqu'à la roche dure	Profondeur du déblayage au moins 10 cm dans la roche saine sur l'emprise		
Préparation de l'ancrage Cas 1 : emprise en roche saine	Positionner le fer d'ancrage Faire une tranchée	Placer entre la roche et le mur de support des fers d'ancrage Excaver sous le mur d'étanchéité une tranchée jusqu'à la roche saine Placer entre la roche et le mur de support des fers d'ancrage	Distance horizontale des fers 0,50 m Longueur des fers 0,60 m, dont 0,30 m est scellé dans la roche Appliquer sur la roche avant la construction du mur un adjuvant d'étanchéité (par ex. SikalateX)		
Confection de la paroi d'étanchéité	Construire le mur du support Faire le socle Confectionner la paroi d'étanchéité	Construire en étapes les couches horizontales Confectionner en amont du mur de support un socle en béton Y incorporer bien le bout inférieur du folio y compris le géotextile Fermer l'espace restant en amont et aval jusqu'au Terrain Naturel (T.N.) avec du béton (cas de tranchée) Après ancrage dans le socle en béton, coller le folio au mur de support Le géotextile suivra parallèlement, il sera tenu par les pierres du corps du barrage	La paroi d'étanchéité consiste en un mur de support vertical à l'intérieur de la digue en maçonnerie ordinaire avec dosage de ciment de 150 kg/m ³ Le côté amont bien lissé est revêtu par un folio imperméable (par ex. SikalateX, épaisseur 1,8 mm) et superposé d'un géotextile (250 g/m ²) Nettoyage scrupuleux de l'assise Béton avec dosage de 400 kg/m ³ Béton avec dosage de 250 kg/m ³		La confection de la paroi d'étanchéité avance toujours un peu la construction du corps du barrage dont les pierres sur la partie amont tiennent le géotextile en place

Étapes	Activités	Tâches spécifiques	Standards à respecter/à remplir	Résultats	Remarques
Réalisation du corps du barrage	Construire la digue	Réaliser, en amont et en aval de la paroi d'étanchéité, un corps homogène sous forme trapézoïdale en pierres de bonne qualité jusqu'à la hauteur H_d Confectionner le corps en couches de pierres et les compacter grâce à un rouleau vibreur Construire le corps de la digue avec une paroi d'étanchéité à l'intérieur	Talus amont 1 : 2 Talus aval 1 : 2 Largeur crête 3,5 m Les pierres de diamètre entre 10 et 20 cm doivent être non altérées, solides et carrées Épaisseur des couches : 30 cm		La confection du corps suit systématiquement la confection de la paroi d'étanchéité
Drainage	Le drainage n'est pas nécessaire				Partie aval du corps du barrage fonctionnera comme un drain
Déversoir	Construire le déversoir I. Type latéral (sans bassin de dissipation)	<u>Assise rocheuse :</u> Réaliser une section trapézoïdale Exécuter l'ancrage au sol comme pour le barrage en maçonnerie Construire un mur de séparation en maçonnerie entre barrage et déversoir Faire dissiper l'énergie à travers du terrain rocheux <u>Assise en terre :</u> Faire une section trapézoïdale jusqu'au terrain, continuer plus bas en mur vertical jusqu'à une profondeur au moins deux fois la hauteur du déversoir	Paroi amont verticale, paroi aval inclinée avec une pente de 1 : 0,75 – 0,80 Largeur de la crête comme conçue Toute maçonnerie avec dosage de ciment de 400 kg/m ³ Section du déversoir jusqu'au T.N. (voir croquis à la fin du chapitre 3.1.7.2)		
Déversoir (suite)	I. Type latéral (suite)	Construire un mur de séparation en maçonnerie entre barrage et déversoir Confectionner en aval du déversoir un tapis en gabions sur géotextile Dissiper l'énergie le cas échéant par un chenal en terre stabilisé avec des seuils en gabions arrangés en petites chutes	Mur de séparation avec épaisseur min. de 0,50 m Toute maçonnerie avec dosage de ciment de 400 kg/m ³ Largeur du tapis : au moins quatre fois la hauteur du déversoir Épaisseur du tapis : 0,50 m		

Étapes	Activités	Tâches spécifiques	Standards à respecter/à remplir	Résultats	Remarques
Déversoir (suite)	2. Type central (sans bassin de dissipation)	Construire le déversoir selon les plans disponibles Tout le déversoir est construit en maçonnerie Faire dissiper l'énergie à travers du terrain rocheux	Toute l'importance doit être mise sur la confection du pied du déversoir qui doit être réalisée avec beaucoup de soin (bon ancrage des pierres avec application du Sikalutex) Le dosage en ciment est 400 kg/m ³		Bassin de dissipation non indispensable en raison de la présence de la roche sur l'emprise
Ouvrage de fond	Construire l'ouvrage	Position et arrangement de l'ouvrage selon les plans de construction	Nombre des dalots : voir les plans de construction Bien veiller à la confection du béton armé (qualité et composition des graviers, sable et eau) N'oublier pas le post traitement des ouvrages en béton construits (garder humecté pendant au moins une semaine) Encore un rappel : bien traiter les batardeaux métalliques y compris les glissières scellées dans les murs en maçonnerie avec une couche de fond suivies de trois couches anti-rouilles	Barrage en enrochement construit	Valable pour tous les ouvrages en béton idem

3.2.3 Type c. en terre

Étapes	Activités	Tâches spécifiques	Standards à respecter/à remplir	Résultats	Remarques
Préparation de l'emprise	Déblayer l'emprise	Enlever le sol de sa matière organique	Épaisseur : 20 cm		
Préparation du sous-sol	Confectionner le noyau d'étanchéité	Creuser une tranchée le long de l'axe de la digue d'une largeur en haut de 3,0 m, en bas de 1,0 – 1,5 m jusqu'à la profondeur selon les indications géotechniques Remplir la tranchée en couche de sol de 20 cm bien compactée pour confectionner le noyau d'étanchéité	Profondeur minimum égale à la hauteur du barrage Existence d'une couche imperméable (argile, roche saine) comme élément de contact pour le noyau		

Étapes	Activités	Tâches spécifiques	Standards à respecter/à remplir	Résultats	Remarques
Pose du drainage	Confectionner le filtre	Placer un filtre de sable à la base de la digue	Veiller bien à ce qu'on place avant le début de la construction de la digue un filtre de sable de l'épaisseur prescrite (0,50 m) sur le tiers aval de l'assise		
Construction de la digue	Construire la digue	<p>Construire un barrage en terre compactée avec un corps homogène et une section trapézoïdale jusqu'à la hauteur H_d conformément aux plans techniques établis</p> <p>Confectionner la protection du talus amont</p> <p>Poser une couche de terre organique sur le talus aval avec végétalisation pour éviter l'érosion Alternative : une couche de pierres en cas de besoin</p>	<p>Talus amont 1 : 2,5 Talus aval 1 : 2,5 Largeur crête 4,0 m</p> <p>Utiliser seulement le sol d'une carrière dont le matériau a été confirmé par un laboratoire géotechnique</p> <p>Compactage du sol en couches de 20 cm par un rouleau à pied mouton de préférence avec un taux d'humidité selon le résultat d'essai Proctor</p> <p>Vérifier régulièrement à ce qu'on respecte les données Proctor fournies par le laboratoire</p> <p>Veiller bien à ce que l'on pose une couche de gravier sous la couche de pierres du talus amont</p> <p>Épaisseur 20 cm</p>		
Installation du déversoir et bassin de dissipation	<p>Construire le déversoir</p> <p>a.Type latéral (sans bassin de dissipation)</p> <p>b.Type central (avec bassin de dissipation)</p>	<p>Pour les deux cas d'assise, voir le barrage en enrochement</p> <p>Même structure que le barrage en enrochement. Cependant, il faut :</p> <ul style="list-style-type: none"> - construire le déversoir entièrement en béton armé de haute qualité - confectionner un bassin de dissipation selon les plans disponibles avec les blocs de chute, les blocs chicanes et le seuil terminal 	<p>Partout double armature</p> <p>Dosage du ciment : 400 kg/m³</p> <p>Épaisseur des murs et radier : minimum 20 cm</p> <p>Post-traitement de l'ouvrage (garder humecté pendant au moins une semaine)</p> <p>Confection du bassin de dissipation conformément aux règles de l'art existantes (voir aussi les standards à respecter auprès du déversoir)</p>		

Étapes	Activités	Tâches spécifiques	Standards à respecter/à remplir	Résultats	Remarques
Ouvrage de fond	Construire l'ouvrage	Même type de construction que le barrage en enrochement sauf : - toute la construction est en béton armé	Partout double armature Dosage du ciment : 400 kg/m ³ Épaisseur des murs et dalles : minimum 20 cm	Barrage en terre construit	

3.3 Phase d'exploitation

3.3.1 Maintenance du système : contrôle régulier à la période indiquée

3.3.1.1 Unité barrage

Type	Ouvrage	Tâches minimum à respecter/à remplir	Période	Périodicité	Remarques
Maçonnerie	Corps du barrage	Réparer les fissures importantes (surfaces extérieures) Remplacer des pierres disloquées (surtout sur la crête) Enlever les touffes d'herbes	Février - mai	annuelle	Élaborer un programme d'entretien
Enrochement		Remplacer les pierres déplacées sur les berges			
En terre		Réparer les crevasses / ravines sur la crête et le talus aval Réarranger les pierres et le filtre sur la berge amont Arracher les arbres sur le talus aval			
Maçonnerie	Tout le corps	La réalisation d'un déversoir n'est pas nécessaire car il correspondrait au corps du barrage	Février - mai	annuelle	
Enrochement et en terre	Latéral	Réparer les fissures importantes dans la maçonnerie Remplacer les pierres disloquées (surtout sur la crête) Enlever les touffes d'herbes Fermer les affouillements directement au pied du déversoir Réparer le cas échéant les ravines dans le chenal d'évacuation Réparer les gabions le cas échéant			
Enrochement	Central	Réparer les fissures importantes dans la maçonnerie Remplacer les pierres disloquées dans la maçonnerie Fermer les affouillements directement au pied du bassin de dissipation			
En terre	Central	En cas de fissuration ou d'endommagement du béton, consulter une structure compétente Fermer les affouillements directement au pied du bassin de dissipation			

Type	Ouvrage	Tâches minimum à respecter/à remplir	Période	Périodicité	Remarques
Tous les types	Ouvrage de fond	Réparer les fissures importantes Graisser les rainures des batardeaux Nettoyer les rainures et batardeaux	Avril - mai	annuelle	Élaborer un programme d'entretien
		Repeindre les rainures et batardeaux		cinq ans	
	Prise d'eau (en cas d'irrigation en aval)	Nettoyage des vannes et glissières	Avril - mai	annuelle	
		Repeindre les vannes et glissières		cinq ans	

3.3.1.2 Unité périmètre en amont du barrage

Type	Ouvrage	Tâches minimum à respecter/à remplir	Période	Périodicité	Remarques
Petit maraîchage	Parcelles avec murets	Remettre en état les murets (tâche individuelle) Préparer les parcelles (tâche individuelle)	Février - mai	annuelle	
	Motopompes et accessoires	Entretien et révision technique (tâche individuelle)	Selon les consignes du fabricant		

3.3.1.3 Unité périmètre en aval du barrage

Type	Ouvrage	Tâches minimum à respecter/à remplir	Période	Périodicité	Remarques
Petit maraîchage	Réseau de distribution avec canaux à ciel ouvert ou tuyauterie enterré Réseau de drains	Nettoyage des canaux et répartiteurs Réparer les fissures importantes dans la maçonnerie (répartiteurs et des canaux revêtus lorsqu'ils existent)	Février – mai (après la campagne d'irrigation)	annuelle	Élaborer un programme d'entretien
		Nettoyage des vannes et glissières Repeindre les vannes et glissières		cinq ans	
		Nettoyage des drains		annuelle	

3.3.2 Gestion de l'eau

3.3.2.1 Unité barrage

Type	Ouvrage	Tâches minimum à respecter/à remplir	Période	Périodicité	Remarques
Tous les types	Ouvrage de fond	Enlever les batardeaux	Lorsque hors du niveau de l'eau Au plus tard début avril	annuelle	
		Remettre les batardeaux	Fin août au plus tard		

3.3.2.2 Unité périmètre en amont du barrage

Type	Ouvrage	Tâches minimum à respecter/à remplir	Période	Périodicité	Remarques
Irrigation par calebasse ou moto pompe	Cas de calebasse	L'irrigation se fait par les paysans de façon manuelle (tâche individuelle) Aucune gestion collective n'est nécessaire	Octobre - février	annuelle	
	Cas de motopompes	L'irrigation se fait par les paysans à l'aide de motopompes (tâche individuelle) Gestion de l'eau est absolument nécessaire Utiliser un matériel d'irrigation adapté au système des petites parcelles usuelles (petites motopompes à faible débit – 1 à 2 l/s - et à basse pression)	Octobre - février	annuelle	Risque d'érosion et de vider trop rapidement la retenue Introduction d'un règlement est indispensable !

3.3.2.3 Unité périmètre en aval du barrage

Type	Ouvrage	Tâches minimum à respecter/à remplir	Période	Périodicité	Remarques
Irrigation par gravitation	Prise d'eau avec un réseau de distribution	Faire répartir l'eau selon un tour d'eau. Contrôler régulièrement la répartition de l'eau	Octobre - février	annuelle	Élaborer un programme de tour d'eau

3.3.2.4 Unité périmètre en amont et aval du barrage

Type	Ouvrage	Tâches minimum à respecter/à remplir	Période	Périodicité	Remarques
Irrigation à partir de puisards dans la zone d'influence de la retenue	Puisards avec cas d'exhaure manuelle ou exhaure par motopompes	Exhaure manuelle : aucune gestion collective n'est nécessaire Exhaure par motopompes : utiliser un matériel d'irrigation adapté au système des petites parcelles usuelles (petites motopompes à faible débit – 1 à 2 l/s - et à basse pression)			

4 Aspects financiers

Les données clés sur les aspects économiques des petits barrages à prendre en compte :

No.	Nom de l'aménagement	Type	Superficie irriguée (ha)	Coût (FCFA)	Coût/ha (FCFA/ha)	Recettes nettes/an (FCFA/an)	Recettes nettes/an et ha (FCFA/an et ha)	TRI (%)	Appréciation économique
-----	----------------------	------	--------------------------	-------------	-------------------	------------------------------	--	---------	-------------------------

5 Check-list pour contrôler la qualité de la conception, réalisation, réception et gestion des petits barrages

5.1 Conception générale

5.1.1 Reconnaissance du site de l'ouvrage

Tâches spécifiques Le contrôle porte sur les aspects suivants :	Éléments à respecter pour atteindre le standard minimum requis
Examiner le rapport de reconnaissance du site (l'emprise et la retenue)	S'assurer que le BE a : - Vérifié la qualité de la roche existante et la profondeur des couches imperméables (roche saine ou couche imperméable) - Prêté attention aux failles au niveau de l'emprise et la retenue (risque de perte par infiltration et contournement)

5.1.2 Hydrologie

Tâches spécifiques Le contrôle porte sur les aspects suivants :	Éléments à respecter pour atteindre le standard minimum requis
Vérifier : - le calcul de la crue centennale ou par manque de données la crue décennale - l'estimation de l'écoulement annuel - l'estimation du transport des sédiments	La crue décennale doit être au moins multipliée par 2 quand les données pour calculer la crue centennale ne sont pas disponibles !

5.1.3 Topographie

Tâches spécifiques Le contrôle porte sur les aspects suivants :	Éléments à respecter pour atteindre le standard minimum requis
Vérifier : - la hauteur maximum provisoire du barrage - la ceinture polygonale ; - les profils en travers à partir de l'emprise vers l'amont - le plan de la retenue - la relation $H - S - V$ (graphique)	Matérialiser et numéroter bien les bornes sur le terrain Enregistrer toutes particularités du terrain Comparer le plan avec la réalité terrain Contrôler le résultat avec la formule empirique

5.1.4 Établissement de l'axe

Tâches spécifiques Le contrôle porte sur les aspects suivants :	Éléments à respecter pour atteindre le standard minimum requis
Vérifier : - le comment de la détermination de l'axe sur le terrain avec hauteur maximum définitive du barrage - la matérialisation de l'axe sur le terrain (axe provisoire !)	

5.1.5 Géotechnique

Tâches spécifiques Le contrôle porte sur les aspects suivants :	Éléments à respecter pour atteindre le standard minimum requis
Vérifier : - au niveau de l'emprise les sondages du sous-sol (tous les types) - le profil géotechnique (axe définitif, en cas de difficulté faire déplacer la section concernée et reprendre les sondages tous les types) Pour le type a. et b. (barrage en maçonnerie et enrochement) : Vérifier l'investigation faite sur la présence de l'eau et d'une carrière pour les roches, gravier et sable Pour le type c. (barrage en terre) : Vérifier : - l'investigation faite sur la présence de l'eau et d'un emprunt approprié pour le sol - les analyses du sol dans un laboratoire reconnu (classification, granulométrie, Atterberg, Proctor, perméabilité)	Étendre les sondages jusqu'à la roche saine type a. et b. et jusqu'à une couche imperméable pour type c Veiller aux failles éventuelles Faire examiner les échantillons par un laboratoire reconnu

5.1.6 Conception du barrage

Tâches spécifiques Le contrôle porte sur les aspects suivants :	Éléments à respecter pour atteindre le standard minimum requis
Vérification des critères de choix du type du barrage	Maçonnerie, enrochement ou terre

5.1.6.1 Type a. maçonnerie

Tâches spécifiques Le contrôle porte sur les aspects suivants :	Éléments à respecter pour atteindre le standard minimum requis
Vérifier : - la conception de la section du barrage - si l'ancrage et l'étanchéité au sous-sol sont prévus pour une <ul style="list-style-type: none"> • emprise avec roche saine • emprise avec roche fissurée - le drainage <ul style="list-style-type: none"> • derrière le mur d'étanchéité • au pied aval du mur d'étanchéité - la conception de l'ouvrage de dévasement <ul style="list-style-type: none"> • variante pertuis • variante dalot 	Application d'un adjuvant adéquat Veiller au dosage correct du béton Veiller à la réalisation correcte du drainage 1 à 4 pertuis / dalots

5.1.6.2 Type b. enrochement

Tâches spécifiques Le contrôle porte sur les aspects suivants :	Éléments à respecter pour atteindre le standard minimum requis
<p>Vérifier la conception :</p> <ul style="list-style-type: none"> - de la section du barrage avec une paroi d'étanchéité à l'intérieur ; - de l'ancrage <ul style="list-style-type: none"> • Cas 1 : emprise avec roche saine • Cas 2 : emprise avec la roche fissurée - du déversoir <ul style="list-style-type: none"> • type latéral • type central - de l'ouvrage de fond 	<p>Mur de support avec folio d'étanchéité et géotextile</p> <p>Application d'un adjuvant Application d'un adjuvant</p> <p>Donner priorité au type latéral, prévoir un chenal d'évacuation en cas de terrain meuble Rapport économique entre longueur et hauteur du déversoir</p> <p>1 à 4 dalots à fermer avec batardeaux</p>

5.1.6.3 Type c. en terre compactée

Tâches spécifiques Le contrôle porte sur les aspects suivants :	Éléments à respecter pour atteindre le standard minimum requis
<p>Vérifier la conception :</p> <ul style="list-style-type: none"> - de la section du barrage - du noyau d'étanchéité - du drainage - du déversoir <ul style="list-style-type: none"> • type latéral • type central - du bassin de dissipation - de l'ouvrage de fond 	<p>Talus amont : couche de pierres sur couche de gravier Talus aval : terre organique et végétalisation</p> <p>Jusqu'à une couche imperméable</p> <p>Filtre de sable horizontal dans le tiers aval de la base</p> <p>Prévoir un chenal d'évacuation en cas de terrain meuble</p> <p>Le tout en béton armé bien dosé. Veiller au dosage !</p> <p>Le tout en béton armé bien dosé. Veiller au dosage !</p> <p>1 à 4 dalots avec batardeaux, tout en béton armé bien dosé !</p>

5.1.7 Calculs divers

5.1.7.1 Dimensionnement du déversoir, type a. maçonnerie

Tâches spécifiques Le contrôle porte sur les aspects suivants :	Éléments à respecter pour atteindre le standard minimum requis
Vérifier si les calculs sont faits selon les règles de l'art	Toute la crête sert de déversoir

5.1.7.2 Dimensionnement du déversoir, type b. enrochement et type c. en terre

Tâches spécifiques Le contrôle porte sur les aspects suivants :	Éléments à respecter pour atteindre le standard minimum requis
Vérifier si les calculs sont faits selon les règles de l'art pour : - déversoir latéral : - déversoir central :	Concevoir le déversoir le plus long possible Rapport économique entre longueur et hauteur du déversoir !

5.1.8 Calcul de stabilité

5.1.8.1 Type a. maçonnerie

Tâches spécifiques Le contrôle porte sur les aspects suivants :	Éléments à respecter pour atteindre le standard minimum requis
Vérifier si les calculs sont faits selon les règles de l'art (renversement, glissement et résultante des forces au centre tiers)	

5.1.8.2 Type b. enrochement

Tâches spécifiques Le contrôle porte sur les aspects suivants :	Éléments à respecter pour atteindre le standard minimum requis
Calcul de stabilité pas nécessaire	Respect de la pente des talus et la qualité exigée des pierres

5.1.8.3 Type c. en terre

Tâches spécifiques Le contrôle porte sur les aspects suivants :	Éléments à respecter pour atteindre le standard minimum requis
Calcul de stabilité pas nécessaire	Respect de la pente des talus et la qualité exigée du sol

5.1.9 Estimation de la superficie irrigable

Tâches spécifiques Le contrôle porte sur les aspects suivants :	Éléments à respecter pour atteindre le standard minimum requis
Vérifier : - les données de l'évaporation et évapotranspiration pour les mois d'octobre jusqu'au février ; - le calcul par voie itérative pour trouver la superficie irrigable (évaporation, infiltration, fuites et consommation)	Prévoir un stock de 5 000 m ³ en fin d'irrigation pour l'abreuvement du bétail

5.2 Réalisation

Généralités :

- Vérifier le besoin en personnel (chef de chantier, chefs d'équipes, manœuvres qualifiés et non qualifiés, etc.)
- Vérifier le besoin en matériel (véhicules, engins divers, outillage, etc.)
- Vérifier le besoin en matériau (pierres, gravier, sable, terre, eau et ciment)
- Vérifier l'axe matérialisé du barrage
- Acheminement du personnel, matériel et matériau au site de construction

5.2.1 Type a. maçonnerie

Activités à vérifier	Remarques
<ul style="list-style-type: none"> - Le déblayage de l'emprise - L'ancrage du mur d'étanchéité <p>Vérifier que les éléments ci-après sont réalisés suivant les prescriptions techniques et les règles de l'art :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Le mur d'étanchéité - La partie intérieure avec drainage - Le mur incliné en aval - L'ouvrage de dévasement 	<p>Cas de roches fissurées Jusqu'à la roche saine ; appliquer un adjuvant</p> <p>Appliquer « Sikalitek » ou similaire Appliquer un adjuvant 1 à 4 pertuis à fermer avec batardeaux</p>

5.2.2 Type b. enrochement

Activités à vérifier	Remarques
<ul style="list-style-type: none"> - Le déblayage de l'emprise - L'ancrage de la paroi d'étanchéité <p>Vérifier que les éléments ci-après sont réalisés suivant les prescriptions techniques et les règles de l'art :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Le mur de support avec le folio d'étanchéité et le géotextile - Le corps du barrage - Le drainage n'est pas nécessaire - Le déversoir : <ul style="list-style-type: none"> • type latéral • type central 	<p>Cas de roches fissurées Jusqu'à la roche saine ; appliquer un adjuvant</p> <p>En couche de 30 cm</p> <p>Sans bassin de dissipation Sans bassin de dissipation</p>
L'ouvrage de fond	1 à 4 dalots à fermer avec batardeaux

5.2.3 Type c en terre

Activités à vérifier	Remarques
À vérifier par rapport aux prescriptions techniques et aux règles de l'art : <ul style="list-style-type: none">- Le déblayage de l'emprise- Le noyau d'étanchéité- Le drainage à la base de la digue- La digue- Le déversoir<ul style="list-style-type: none">• type latéral avec chenal d'évacuation• type central avec bassin de dissipation- L'ouvrage de fond	Jusqu'à une couche imperméable En couche de 20 cm ; vérifier régulièrement le Proctor Sans bassin de dissipation Le tout en béton armé I à 4 dalots en béton armé à fermer avec batardeaux

5.3 Réception

Vérifier la conformité des ouvrages avec les plans et les dossiers techniques disponibles, en particulier :

- L'emplacement / positionnement du barrage sur le terrain
- L'horizontalité de la crête
- L'emplacement des ouvrages du barrage (déversoir, ouvrage de fond)
- Les dimensions du barrage avec ses ouvrages (longueur, largeur, hauteur, épaisseur, pente)
- Les cotes du barrage et ses ouvrages

La qualité constructive du barrage et ses ouvrages :

- Qualité des pierres utilisées
- Finition de la maçonnerie et du béton (surface, orthogonalité, divers angles)
- Finition de l'enrochement et la digue en terre
- Couche protectrice en amont et couche de terre organique végétalisée en aval auprès des digues en terre
- Gabions (maillage, épaisseur du fil d'acier, etc.)
- Batardeaux avec rainures (fonctionnalité, soudures, peinture)

- Vérifier également si besoin est le cahier de chantier avec des procès-verbaux

5.4 Maintenance du système

5.4.1 Barrage

5.4.1.1 Type a. maçonnerie

Ouvrage	À vérifier et réparer	Période	Périodicité
Corps	- Fissures (surfaces extérieures) - Pierres disloquées - Apparition d'herbes	Février - mai	annuelle
Déversoir (comme pour le corps)	- Fissures - Pierres disloquées - Apparition d'herbes		
Ouvrage de fond	- Fissures - Batardeaux et rainures	Avril - mai	cinq ans

5.4.1.2 Type b. enrochement

Ouvrage	À vérifier et réparer	Période	Périodicité
Digue	- Pierres déplacées	Février - Mai	annuelle
Déversoir - latéral - central	- Fissures - Pierres disloquées - Apparition d'herbes - Affouillement au pied - Ravines (chenal) - État des gabions (chenal) - Fissures - Pierres disloquées - Affouillement au pied du bassin de dissipation	Février - mai	
Ouvrage de fond	- Fissures - Batardeaux et rainures	Avril - mai	cinq ans

5.4.1.3 Type c. en terre

Ouvrage	À vérifier et réparer	Période	Périodicité
Digue	- Crevasses / ravines - Pierres déplacées et filtre en amont - Arbres sur le talus aval	Février - mai	annuelle
Déversoir - latéral	- Fissures - Pierres disloquées - Apparition d'herbes - Affouillement au pied - Ravines (chenal) - État des gabions (chenal)		
Déversoir - central	- Fissuration ou endommagement du béton - Affouillement au pied du bassin de dissipation	Février - mai	annuelle
Ouvrage de fond	- Fissures - Batardeaux et rainures	Avril - mai	cinq ans

5.4.2 Périmètre en amont du barrage

Type	Ouvrage	À vérifier et réparer	Période	Périodicité
Petit maraîchage	Parcelles avec murets	- Murets - Parcelles	Février - mai	annuelle
	Motopompes et accessoires	- Entretien et révision (périodicité)	Selon du fabricant	

5.4.3 Périmètre en aval du barrage

Type	Ouvrage	À vérifier et réparer	Période	Périodicité
Petit maraîchage	Réseau de distribution Réseau des drains	- Canaux, répartiteurs et vannes	Février - mai	annuelle
		- Vannes et glissières		cinq ans
		- Drains		annuelle

5.5 Gestion de l'eau

5.5.1 Barrage

Type	Ouvrage	À vérifier les manipulations suivantes	Période	Périodicité
Tous les types	Ouvrage de fond	- Batardeaux à enlever - Batardeaux à remettre	- Début avril - Fin août	annuelle

5.5.2 Périmètre en amont du barrage

Type	Ouvrage	À vérifier les manipulations suivantes	Période	Périodicité
Irrigation à la calebasse ou par motopompe	Calebasse	- Gestion individuelle	Octobre - février	annuelle
	Motopompe	- Gestion individuelle	Octobre - février	annuelle

5.5.3 Périmètre en aval du barrage

Type	Ouvrage	À vérifier les manipulations suivantes	Période	Périodicité
Irrigation par gravitation	Prise d'eau avec un réseau de distribution	- Tour d'eau - Contrôle	Octobre - février	annuelle



Publié par
Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH
Programme d'Appui au Sous-Secteur de l'irrigation de Proximité
(PASSIP)
Programme d'Appui à l'Irrigation de Proximité (PAIP)/manuel réalisé
avec l'appui financier du gouvernement du Canada agissant par
l'entremise du ministères des Affaires étrangères, du Commerce et
du Développement
Projet Sectoriel Agriculture Durable (NAREN)

Siège de la société GIZ
Bonn et Eschborn
Allemagne

Auteur : Rolf Steingruber

Photographies : Rolf Steingruber
Page de garde : Dirk Wenzel

Dag-Hammarskjöld-Weg 1-5
65760 Eschborn
Allemagne
Tél. +49 61 96 79-0
Fax +49 61 96 79-11 15
info@giz.de
www.giz.de