

Ministère de l'Agriculture,
des Ressources Animales
et Halieutiques



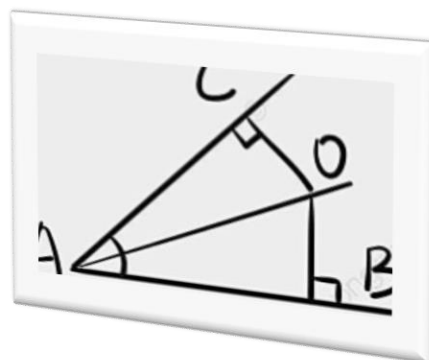
BURKINA FASO
Unité- Progrès- Justice

Direction Générale des
Aménagements agro-pastoraux
et du Développement de l'Irrigation

$$\sin(\alpha + \beta) = \cos\left(\left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right) - \beta\right)$$

$$f'(x) \cdot g(x)$$

$$\frac{f(x)}{g(x)}$$



**ETUDE DE CAPITALISATION DES TECHNIQUES ET TECHNOLOGIES
CES/DRS ET LEURS NORMES DE REALISATION AU BURKINA FASO
VOLUME II : NORMES DE CONCEPTION ET DE REALISATION DES
OUVRAGES DE CES/DRS**

Version finale



Décembre 2022



Consultants :
Issa Martin BIKIENGA
Michel P. SEDOGO
Georges TAPSOBA
Komonséra R.A. DIOMA

SOMMAIRE

| | |
|--|----|
| SIGLES ET ABREVIATIONS | 4 |
| LISTE DES TABLEAUX | 5 |
| LISTE DES SCHEMAS | 7 |
| RESUME EXECUTIF..... | 8 |
| INTRODUCTION | 10 |
| 1. NORMES DE CONCEPTION ET D'EXECUTION..... | 11 |
| 1.1 - LA CONCEPTION | 11 |
| 1.1.1- Etat des lieux et choix du type d'ouvrage | 12 |
| 1.1.2- Données de base | 12 |
| 1.1.3- Devis descriptif de l'ouvrage | 17 |
| 1.1.4- Devis estimatif de l'ouvrage..... | 18 |
| 1.1.5- Les Livrables | 18 |
| 1.2 - LA REALISATION | 19 |
| 1.2.1- Mobilisation du personnel, du matériel et des matériaux | 19 |
| 1.2.2- Implantation de l'ouvrage..... | 22 |
| 1.2.3- Travaux d'exécution de l'ouvrage | 22 |
| 1.3- CONCEPTION ET EXECUTION DES OUVRAGES | 23 |
| 1.3.1- Les ouvrages biologiques | 23 |
| 1.3.1.1- Le cordon herbacé ou bande enherbée | 23 |
| 1.3.1.2- La Mise en défens | 27 |
| 1.3.1.4- La Jachère améliorée..... | 32 |
| 1.3.1.5- La haie vive..... | 34 |
| 1.3.1.6- Le tapis herbacé | 36 |
| 1.3.2- Les Ouvrages Mécaniques..... | 38 |
| 1.3.2.1- Le cordon pierreux | 38 |
| 1.3.2.2- Le cordon en terre..... | 42 |
| 1.3.2.3- La demi-lune manuelle et la demi-lune mécanisée | 44 |
| 1.3.2.4- Le sous-solage | 47 |
| 1.3.2.5- Le BCER..... | 50 |
| 1.3.2.6- La digue filtrante et la diguette filtrante..... | 52 |

| | |
|--|----|
| 1.3.2.7- La fixation de dune | 56 |
| 1.3.2.8- Le Zaï manuel et le Zaï mécanisé..... | 58 |
| 1.3.2.9- Le système d'irrigation goutte à goutte..... | 62 |
| 1.3.2.10- Le traitement de ravines | 65 |
| 1.3.2.11- Le bouli..... | 66 |
| 1.3.2.12- La digue frontale ou digue d'épandage | 68 |
| 1.4- LES EXIGENCES SELON LES ECHELLES D'INTERVENTION | 69 |
| 1.5- RECEPTION DE L'OUVRAGE | 70 |
| 2. SUIVI-CONTROLE | 71 |
| 3. NORMES DE GESTION ET D'ENTRETIEN..... | 80 |
| 3.1- Objectifs généraux de la gestion et de l'entretien..... | 80 |
| 3.2- Normes de gestion et d'entretien par type d'ouvrage | 80 |
| 3.2.1- Ouvrages biologiques..... | 80 |
| 3.2.1.1- Le cordon herbacé..... | 80 |
| 3.2.1.2- La mise en défens..... | 80 |
| 3.2.1.3- La RNA | 81 |
| 3.2.1.4- La Jachère améliorée..... | 81 |
| 3.2.1.5- La Haie vive | 81 |
| 3.2.1.6- Le Tapis herbacé..... | 81 |
| 3.2.2- Ouvrages Mécaniques..... | 81 |
| 3.2.2.1- Le cordon pierreux | 81 |
| 3.2.2.2- Le cordon en terre..... | 82 |
| 3.2.2.3- La Demi-lune manuelle et la demi-lune mécanisée | 82 |
| 3.2.2.4- Le sous-solage | 82 |
| 3.2.2.5- Le BCER..... | 82 |
| 3.2.2.6- La digue filtrante et la diguette filtrante..... | 83 |
| 3.2.2.7- La fixation de dunes | 83 |
| 3.2.2.8- Le Zaï manuel et le Zaï mécanisé | 83 |
| 3.2.2.9- Le système d'irrigation goutte à goutte..... | 84 |
| 3.2.2.10- Le traitement de ravines | 84 |
| 3.2.2.11- Le Bouli..... | 85 |
| 3.2.2.12- La digue frontale | 85 |
| CONCLUSION | 86 |

SIGLES ET ABREVIATIONS

| | |
|------------------|--|
| ANAM : | Agence Nationale de la Météorologie |
| BCER : | Bassin de collecte d'eau de ruissellement |
| CES/DRS : | Conservation des eaux et des sols/Défense et restauration des sols |
| CIEH : | Comité Inter-Etats d'Etudes Hydrauliques |
| DOE : | Dossier des Ouvrages Exécutés |
| PF : | Produit forestier |
| Pf : | Point de flétrissement |
| PFL : | Produit Forestier Ligneux |
| PFNL : | Produit Forestier Non Ligneux |
| PV : | Procès-verbal |
| RFU : | Réserve facilement utilisable |
| RNA : | Régénération Naturelle Assistée |

LISTE DES TABLEAUX

| | |
|---|----|
| Tableau 1 : Les dégradations en fonction des ouvrages et structures biologiques..... | 11 |
| Tableau 2 : Pente et espace pour la réalisation des cordons herbacés. | 23 |
| Tableau 3 : Evaluation d'un hectare de cordons herbacés..... | 24 |
| Tableau 4 : Réalisation du cordon herbacé..... | 25 |
| Tableau 5 : Conception de la mise en défens | 27 |
| Tableau 6 : Evaluation du coût des travaux de 10 hectares de mise en défens..... | 28 |
| Tableau 7 : Exécution de la mise en défens | 28 |
| Tableau 8 : Conception de la RNA..... | 29 |
| Tableau 9 : Réalisation de la RNA | 31 |
| Tableau 10 : Conception de la Jachère améliorée | 32 |
| Tableau 11 : Réalisation de la Jachère améliorée | 33 |
| Tableau 12 : Evaluation du coût d'une haie vive | 34 |
| Tableau 13 : Réalisation de la Haie vive..... | 35 |
| Tableau 14 : Conception du Tapis herbacé..... | 36 |
| Tableau 15 : Evaluation des quantités de travaux d'exécution de 300 m de cordon pierreux | 40 |
| Tableau 16 : Réalisation des Cordons pierreux..... | 41 |
| Tableau 17 : Quantitatif des travaux d'un cordon en terre protégé de moellons..... | 43 |
| Tableau 18 : Coût des travaux d'un cordon en terre protégé de moellons..... | 43 |
| Tableau 19 : Réalisation des cordons en terre..... | 44 |
| Tableau 20 : Evaluation du coût des travaux d'un hectare de demi-lune | 45 |
| Tableau 21 : Evaluation du coût des travaux d'un hectare de demi-lune mécanisé | 45 |
| Tableau 22 : Evaluation du coût des travaux de 40 hectares de sous-solage au bull..... | 48 |
| Tableau 23 : Evaluation du coût des travaux de 40 hectares de sous-solage au tracteur..... | 48 |
| Tableau 24 : Réalisation du Sous-solage | 49 |
| Tableau 25 : Réalisation du BCER..... | 51 |
| Tableau 26 : Evaluation du Coût de 400m de diguette filtrante..... | 54 |
| Tableau 27 : Réalisation de la Digue filtrante | 55 |
| Tableau 28 : Conception de la fixation de dune | 56 |
| Tableau 29 : Réalisation de la fixation de dune | 57 |
| Tableau 30 : Exemple d'évaluation des coûts..... | 59 |

| | |
|--|----|
| Tableau 31 : Exemple d'évaluation des coûts..... | 60 |
| Tableau 32 : Réalisation du Zaï manuel et mécanisé..... | 61 |
| Tableau 33 : Exemple de calcul du régime d'irrigation goutte à goutte..... | 62 |
| Tableau 34 : Réalisation de l'irrigation goutte à goutte | 64 |
| Tableau 35 : Réalisation du Traitement des ravines | 66 |
| Tableau 36 : Réalisation du bouli..... | 67 |
| Tableau 37 : Normes pour l'évaluation et l'organisation des travaux à petite échelle | 70 |
| Tableau 38 : Profil du personnel de suivi-contrôle | 75 |
| Tableau 39 : Détermination du coût de la prestation pour les diguettes filtrantes et cordons pierreux | 77 |
| Tableau 40 : Détermination du coût de la prestation pour les digues filtrantes et traitements des ravines | 78 |

LISTE DES SCHEMAS

| | |
|---|----|
| Schéma 1 : Profil type du cordon pierreux | 39 |
| Schéma 2 : Réalisation du cordon trois pierres | 41 |
| Schéma 3 : Profil en long du cordon en terre | 42 |
| Schéma 4 : Vue en plan du cordon en terre | 42 |
| Schéma 5 : Principe de la digue filtrante | 53 |
| Schéma 6 : Principe du Zaï | 58 |

RESUME EXECUTIF

L'un des objectifs spécifiques de l'étude de capitalisation des techniques et technologies de CES/DRS et leurs normes de réalisation au Burkina Faso consiste à donner des descriptions détaillées et les normes de réalisation des techniques de CES/DRS les plus pertinentes dans un contexte d'aménagement de bassin versant. Les normes concernées sont les suivantes :

- les normes de conception ;
- les normes de réalisation ;
- le suivi-contrôle ;
- les normes de gestion et d'entretien.

La démarche à suivre pour la conception d'un ouvrage de CES/DRS est comme suit :

- la description de l'état des lieux et le choix du type d'ouvrage ;
- la collecte des données de base ;
- la conception de l'ouvrage ;
- l'élaboration du devis descriptif de l'ouvrage ;
- l'élaboration du devis estimatif de l'ouvrage.

La réalisation des travaux des ouvrages CES-DRS passe les étapes suivantes :

- la mobilisation du personnel ;
- la mobilisation du matériel et des matériaux ;
- l'implantation des ouvrages ;
- l'exécution des différents ouvrages ;
- la réception des travaux.

Le suivi-contrôle des travaux d'ouvrages CES-DRS a pour objectif global la réalisation d'ouvrages fonctionnels et durables. Spécifiquement, il a pour objectifs spécifiques :

- la validation du dossier technique de base ;
- le contrôle de la qualité et de la conformité des travaux ;
- le suivi rapproché de la réalisation des travaux.

Tout ouvrage réalisé fonctionne et ce fonctionnement induit des dégradations. Il faut par conséquent que les bénéficiaires s'organisent pour la gestion et l'entretien de cet ouvrage.

A l'instar de l'organisation bénéficiaire de l'ouvrage, un comité spécialisé de gestion devra être mis en place pour suivre la vie de l'ouvrage avec pour objectif général le bon fonctionnement et la durabilité de l'ouvrage. Ce comité organisera les bénéficiaires par groupes pour l'inspection des ouvrages, les constats de dégradations et la réfection de ces dégradations. Il pourra identifier les causes récurrentes pour soumettre des solutions et dispositions préventives.

Si les normes de conception, de réalisation, de suivi-contrôle, de gestion et d'entretien sont respectées, alors des conditions favorables seront créées pour que les techniques et technologies de CES/DRS produisent le maximum de leurs effets et contribuent mieux à l'accroissement de la productivité du secteur agro-sylvo-pastoral, halieutique et faunique au Burkina Faso.

INTRODUCTION

L'étude de capitalisation des techniques et technologies de CES/DRS et leurs normes de réalisation au Burkina Faso s'est fixée comme objectif global de constituer un recueil des acquis et expériences dans les domaines de la gestion durable des terres, en vue de leur pérennisation, partage, mise à l'échelle et reproduction par l'ensemble des acteurs au Burkina Faso. L'un des objectifs spécifiques consiste à donner des descriptions détaillées et les normes de réalisation des techniques de CES/DRS les plus pertinentes dans un contexte d'aménagement de bassin versant.

Les techniques et technologies de CES/DRS sont nombreuses au Burkina Faso et la plupart d'entre elles ont fait leurs preuves à travers leurs impacts techniques, environnementaux et socio-économiques. C'est donc dire qu'elles représentent des outils efficaces pour impulser le développement du secteur agro-sylvo-pastoral, halieutique et faunique. Cependant, pour que ces techniques et technologies puissent produire des effets à la hauteur des potentiels qu'elles renferment, il importe que leurs normes soient formalisées. En outre, la formalisation des normes permet de résoudre plusieurs problèmes liés aux techniques et technologies de CES/DRS : une conception adaptée, une réalisation précise et facile sur le terrain, un bon suivi-contrôle de la réalisation, une bonne gestion et un bon entretien des ouvrages de CES/DRS.

Le volume II de cette étude est entièrement consacré aux normes des techniques et technologies de CES/DRS. Il aborde successivement les aspects suivants :

- les normes de conception et de réalisation ;
- le suivi-contrôle ;
- les normes de gestion et d'entretien.

1. NORMES DE CONCEPTION ET D'EXECUTION

1.1 LA CONCEPTION

La conception de l'ouvrage passe par l'observation scrupuleuse d'un certain nombre de règles dont les principales sont ci-dessous évoquées.

Les ouvrages CES-DRS sont des structures mécaniques ou biologiques qui ont pour objectifs de protéger les éléments principaux de l'environnement des dégradations qu'ils subissent ou pourraient subir face aux différents facteurs climatiques.

Les principaux éléments subissant les dégradations sont en premier lieu les sols, et en second lieu la flore puis, par voie de conséquence la faune et les populations. Ces dégradations se manifestent directement sur l'environnement par :

- le lessivage des sols par les eaux de pluie ;
- l'érosion des sols par le vent ;
- la dégradation du couvert végétal ;
- le compactage et le durcissement des sols causés par les fortes pluies ;
- l'écoulement rapide des eaux causé par les fortes pluies et la dégradation du couvert végétal.

Ces dégradations sont traitées par différentes structures mécaniques ou biologiques qui ont été conçues et mises en œuvre sur le terrain.

Pour une bonne conception d'un projet CES-DRS, il est utile, sinon indispensable que le concepteur ait une bonne connaissance et une bonne expérience des principaux ouvrages physiques et structures biologiques utilisés en CES-DRS, comme cela est indiqué au tableau 1 ci-dessous :

Tableau 1 : Les dégradations en fonction des ouvrages et structures biologiques

| N° | Dégradations | Ouvrages et structures biologiques |
|----|--|---|
| 1 | Lessivage des sols (eaux de pluie et vent). | Enherbement, Palissade, RNA, Haie vive, Cordons pierreux, Digue filtrante, Traitement de ravines, RNA, Haie vive. |
| 2 | Dégradation du couvert végétal (pâturage et surpâturage) | Enherbement, RNA, Haie vive |
| 3 | Compactage et durcissement des sols | Paillage, Sous-solage, Zaï, Demi-lune. |
| 4 | Ecoulement rapide des eaux | Enherbement, Cordons pierreux, Diguette filtrante, Digue filtrante. |

Sur chaque site, en fonction de l'identification de l'origine des dégradations et l'établissement de la chronologie des dégradations, un diagnostic est élaboré et soumis à l'avis de la

population qui connaît mieux que quiconque l'évolution du terroir. Le diagnostic sera assorti de propositions de solutions de mise en œuvre d'ouvrages appropriés. Les solutions proposées feront l'objet d'une évaluation financière pour permettre la mobilisation des ressources nécessaires à la réalisation des travaux.

1.1.1-Etat des lieux et choix du type d'ouvrage

Une visite de terrain permettra de prendre connaissance du site pour envisager l'élaboration d'un dossier de qualité permettant de résoudre les problèmes du site. Cet état des lieux devra donner un aperçu du cadre socio-économique du site par la description :

- de la localisation du site (région, province, commune, voies d'accès, distances) ;
- des noms des villages et/ou quartiers concernés ;
- des populations bénéficiaires (nombre, hommes, femmes, jeunes etc...) ;
- des activités menées par la population ;
- de la nature des spéculations ;
- des organisations socio-professionnelles présentes ;
- des infrastructures ;
- des projets réalisés par l'Etat ou les tiers.

Le réseau hydrographique sera spécifiquement décrit. Une identification de l'état des sols permettra de mettre en relief la relation éventuelle entre l'évolution de l'état des sols et les zones de drainage ou le sens des vents dominants.

Une rencontre avec la population permettra de répertorier les zones de dégradation, de les visiter et de les classer en vue de faire des propositions de solutions adaptées.

Après la visite du site, prenant en compte les dégradations constatées et les résultats des échanges avec la population, des propositions de solutions et d'ouvrages sont suggérées au maître d'ouvrage pour avis et amendement avant la phase de collecte des données.

1.1.2- Données de base

En fonction du type d'aménagement, le maître d'œuvre devra s'atteler à collecter des données et à traiter celles qui doivent l'être dans le respect des règles de l'art. Ces données sont d'ordre socio-économique, environnemental, pluviométrique, pédologique, géotechnique, géographique, topographique et hydrologique.

Toute activité de développement requiert une connaissance du milieu pour être un ferment des activités du groupe social sans créer une rupture ou un conflit avec les dynamiques et les contraintes sociales. Les données énumérées dans la phase reconnaissance du site sont alors approfondies par des rencontres et questionnaires adaptés à cet effet. Elle permettra d'identifier les facteurs favorables au projet et ceux qui pourraient en constituer des contraintes.

a-Données agro-climatiques

Les données sur l'environnement local porteront sur la recherche et l'évaluation :

- du taux de couverture végétal ;
- de la présence d'aires classées ;
- de l'évaluation de la biodiversité ;
- du niveau ou de la proportion des terres dégradées.

Ce volet est essentiel et sert de moteur pour lancer les activités de CES/DRS. Ces données mettront en relief le niveau de précarité de la qualité des sols par rapport aux besoins de production alimentaire et fourragère et partant, l'urgence de l'action.

Selon l'envergure de traitement envisagé, une cartographie sera dressée à partir de relevés au GPS, d'interprétations photo-aériennes ou tout autre outil adapté.

Les données pluviométriques seront recherchées dans la station active la plus proche. Elles pourraient être complétées par les données des stations environnantes. Les sources des relevés seront mentionnées.

Ces données concerneront essentiellement la pluviométrie annuelle sur 20 ans, la pluviométrie moyenne mensuelle ou décadaire, la pluviométrie maximale journalière sur 20 ans.

L'évapotranspiration potentielle est une donnée qui permet d'évaluer les besoins en eau des plantes pour la comparer à la pluviométrie et mettre en exergue le déficit hydrique. Cette donnée est disponible à l'Agence Nationale de la Météorologie (ANAM) moyennant un paiement. Cette donnée sera la moyenne des 20 dernières années. Si elle existe sur les 10 dernières années, cette séquence permettra d'évaluer l'impact des changements climatiques sur l'évolution de l'évapotranspiration et de se projeter sur l'échéance de durée de vie des ouvrages.

Les rendements agricoles des différentes spéculations seront relevés. Les rendements attendus après le traitement du site seront également renseignés en se basant sur les résultats de sites environnants déjà traités. Ces résultats attendus seront collectés à deux sources différentes, la population et les services Ministère en charge de l'agriculture.

Les données sur le sens et la vitesse du vent sont importantes pour apprécier la dynamique du déplacement des dunes. Bien difficiles d'utilisation, elles orientent le concepteur sur l'orientation des mesures de protection des dunes de sables.

b-Données pédologiques et géotechniques

Les données pédologiques seront élaborées à partir de sondages de 1 mètre de profondeur. Autant que possible, les données sur la densité apparente, la perméabilité, la RFU et le Pf seront établies. Elles permettront d'évaluer la réserve utile d'eau dans le sol pour éventuellement proposer des actions d'amélioration.

Un descriptif des types de sols et de leur étendue sera élaboré et complété par un plan pédologique.

Pour les besoins d'ouvrages tels les cordons en terre, les digues filtrantes, les boulis, les BCER et les traitements de ravines, des sondages géotechniques et des prélèvements en carrière seront faits pour permettre de caractériser la nature des sols de fondations et des matériaux de construction.

Concernant les sites de boulis et de BCER, les prélèvements à la tarière seront examinés pour caractériser les sols de la cuvette et vérifier l'existence d'un horizon suffisamment étanche pour servir de fond.

La réalisation des remblais des cordons en terre ou l'endiguement de la cuvette du bouli nécessite un matériau argileux.

Pour la réalisation des cordons pierreux, les gites seront identifiés, caractérisés et évalués pour permettre d'assurer aux ouvrages des moellons en quantité et en qualité suffisantes.

Dans certains cas, l'on aura besoin de sable et de gravier pour les bétons ou les maçonneries (boulis, BCER, fosses fumières...). Les études géotechniques feront des investigations conséquentes tant sur la localisation, la qualité que la quantité.

c- Données topographiques ou relevés des courbes de niveau

La nature des données physiques à relever dépend de l'envergure et de la nature des travaux envisagés. Deux types de données peuvent être relevés, à savoir les points topographiques et les courbes de niveau:

➤ Les relevés pour plans de courbes de niveaux

Ces plans serviront pour le tracé des Diguettes filtrantes, des Cordons pierreux, des Cordons herbacés, des Cordons en terre, des Zaï et des Demi-lunes.

Le travail sera réalisé comme suit :

- relever les limites à aménager ;
- les courbes de niveau tracées ou piquetées sur le terrain à l'aide du niveau à eau ou de l'équerre seront relevées au GPS par des agents de maîtrise ;
- grâce au niveau à eau, l'on pourra leur donner des côtes fictives. Par exemple en allant du point haut vers le point bas, la côte 100.00 pour la première, 50 cm plus bas la côte 99.50, puis 99.00 et ainsi de suite ;
- reporter sur Autocad des points relevés et tracer la ligne représentant la courbe de niveau.

Ce travail requiert le personnel et le matériel suivants :

- Personnel : agent de maîtrise, dessinateur, manœuvres ;
- Matériel : niveaux à eau, équerre, GPS.

➤ *Les relevés pour plans topographiques*

Ces plans serviront pour la conception des Dignes filtrantes, des Traitements de ravines, des Dignes frontales, des BCER, des Bouis, du système d'irrigation goutte à goutte.

Le travail sera réalisé comme suit :

- relever les limites à aménager ;
- placer une polygonale ;
- procéder au levé à l'échelle 1/1000 ou 1/2000 selon la taille de l'ouvrage ;
- veiller à fermer les courbes de niveau en amont ;
- placer des bornes de repère et de nivellement ;
- les courbes de niveau topographique relevées avec un appareil topographique seront réalisées par des topographes professionnels ;
- reporter sur Autocad et tracer les courbes de niveau de 0,25m d'équidistance.

Ces levés topographiques sont plus précis et sont indispensables pour les ouvrages dont le fonctionnement requiert une bonne précision de dimensionnement et de calage des différentes parties de l'ouvrage.

Ce travail requiert le personnel et le matériel suivant :

- Personnel : topographe, aide topographe, porte-cannes ;
- Matériel : véhicule, appareils topographiques, GPS.

d-Etudes hydrologiques

Les études hydrologiques permettent de caractériser les flux hydrauliques du site. Elles seront réalisées pour chaque sous bassin pour appréhender l'impact de ces flux sur la dynamique de l'environnement et des sols du site.

❖ Les bassins versants des cours d'eau

Ces études nécessitent des photos aériennes ou des cartes aux échelles 1/50.000 à 1/200.000 pour l'élaboration des caractéristiques des bassins versants et des sous-bassins notamment la superficie, le périmètre, la courbe ipso métrique, l'indice de pente, l'indice de forme. Ces données sont utilisées pour évaluer le temps de base et le temps de montée des différentes crues notamment la crue décennale qui est utilisée pour le dimensionnement des ouvrages d'aménagement au Burkina Faso.

Les traitements statistiques de la pluviométrie permettront d'obtenir la pluviométrie moyenne annuelle, la pluviométrie en année décennale humide, la pluviométrie en année décennale sèche (avec la formule de Gauss) et la pluviométrie maximale journalière décennale et centennale (avec la formule de Gumbel).

Pour le calcul de la crue décennale, plusieurs méthodes et formules sont utilisées en fonction de la superficie du bassin versant, du type de climat ou encore de l'indice de pente. L'ingénieur fera le choix de deux à trois formules appropriées dont la formule déterministe la plus logique et la plus appropriée quand les facteurs sont choisis avec précaution.

Pour les ouvrages de CES-DRS, la Méthode CIEH pourrait être suffisante. Cette méthode a été établie à partir de mesures sur 162 bassins-versants de l'Afrique tropicale de superficies variables. Elle permet une assez bonne estimation de la crue décennale à partir des seuls renseignements géomorphologiques et climatiques.

Selon cette méthode, le débit de pointe de la crue décennale Q_{10} est donné par la relation générale suivante:

$$Q_{10} = a \times S^b \times I_g \times K_{r10}^d \times P^c$$

a, b, c, d sont des coefficients déterminés par régression linéaire multiple.

En fonction des critères de découpage climatique et géographique, différentes relations ont été établies à partir de la formule générale. Pour le Burkina Faso, les relations suivantes ont été retenues:

- Formule à 3 paramètres (S , Ig et Pan)
- $Q_{\max 10} = 0,167 \times (S^{0,533}) \times (Ig^{0,285}) \times (Pan^{0,513})$
- Formule à 2 paramètres (S et Ig)
- $Q_{\max 10} = 3,95 \times (S^{0,576}) \times (Ig^{0,354})$

❖ Les bassins versants latéraux des aménagements

Pour les aménagements des versants latéraux, l'approche hydrologique consistera à évaluer la superficie drainée par rapport aux lignes de crête avec les bassins versants voisins. Ces lignes de crête peuvent être de statut multi-villages : il faut alors développer une approche d'aménagements conséquents.

La détermination des crues de ces bassins versants latéraux, utilise la méthode déterministe avec pour temps de base (T_b) 24 à 36 heures au maximum et sans coefficient de pointe :

$$Q = \frac{S \times P_{10} \times K_r}{T_b}$$

S = superficie du versant latéral en m^2

P_{10} = pluie journalière maximale en m

K_r = Coefficient de ruissellement soit 45% à 30%

T_b = temps de base compris entre 24 et 36 heures (à préciser sur enquête de terrain).

1.1.3-Devis descriptif de l'ouvrage

A l'issue du dimensionnement, un devis descriptif du projet sera élaboré pour tous les types d'ouvrages. Il comprendra :

- une introduction ;
- le contexte et la justification du projet :

Ce paragraphe permettra d'exposer la situation contextuelle du projet et de l'inscrire dans un cadre juridique et institutionnel du ministère en charge de l'agriculture.

- La localisation et l'accès au site

Elle décrira le nom du site, les juridictions administratives communales, provinciales et régionales. L'accessibilité au site sera décrite depuis le chef-lieu de la région et la distance pour y arriver.

➤ Les données de base

Les données de base requises sont les suivantes :

- Les données socio-économiques.
- Les données sur l'environnement local.
- Les données pluviométriques et d'évapotranspiration du site.
- Les données pédologiques/géotechniques du site.
- Les données physiques et topographiques du site.
- Les données hydrologiques du site.

➤ La description des différents ouvrages

Le projet pourrait comporter plusieurs types d'ouvrages. Ils seront décrits chacun selon ses spécificités : fonction, dimensionnement et dimensions, caractéristiques et nature des matériaux et matériels utilisés, les dispositions et précautions constructives etc....

➤ Le devis estimatif

Les quantités des différents corps de travaux seront évaluées, chiffrées et cumulées pour donner le coût du projet.

➤ Un aperçu économique s'il y a lieu.

1.1.4-Devis estimatif de l'ouvrage

Une fois la description des ouvrages établie, utilisant les profils en longs et les plans des ouvrages spécifiques, un métré des différents types de travaux sera établi. Il dressera les quantités unitaires de chaque corps de travail élémentaire : c'est le devis quantitatif.

Outre ces corps de travaux, les coûts d'installation, d'amenée et de repli du matériel de chantier seront évalués en fonction de la distance et du matériel.

Une fois les quantités des travaux établies, l'on affecte à chaque entité de corps de travail un prix unitaire moyen des prix des entreprises pour calculer les coûts dont la somme constitue le devis estimatif.

1.1.5-Les Livrables

Au terme de l'étude, les livrables seront les suivants :

- 1- Note de calcul
- 2- Devis descriptif
- 3- Devis estimatif
- 4- Plans
- 5- Dossier de consultation des entreprises

1.2 LA REALISATION

La définition de normes pour la réalisation des travaux d'ouvrages de CES-DRS est d'une très grande importance, vu la multiplicité des intervenants du secteur surtout que certains de ces ouvrages sont issus de la tradition et l'expérience de terrain.

La réalisation des travaux des ouvrages CES-DRS passe les étapes suivantes :

- la mobilisation du personnel,
- la mobilisation du matériel et des matériaux,
- l'implantation des ouvrages,
- l'exécution des différents ouvrages,
- la réception des travaux.

1.2.1- Mobilisation du personnel, du matériel et des matériaux

Pour la mobilisation du personnel, du matériel et des matériaux, l'entreprise en charge des travaux doit d'abord visiter le site et recueillir les informations sur les caractéristiques du site, des carrières et des gites en vue d'élaborer un planning et un devis matière. Ces deux documents lui serviront de base également pour rechercher le personnel qui aura en charge la conduite des travaux et même la définition de la liste du matériel. Il est aussi important de tenir compte de la mobilisation des paysans dont la contribution est parfois déterminante dans la réalisation de certains ouvrages de CES/DRS.

A partir des plans, des descriptifs des ouvrages, la structure en charge de la réalisation des travaux prendra contact avec les responsables du site pour organiser la réalisation des travaux. Elle visitera in extenso les lieux devant recevoir les travaux, s'entretiendra avec les bénéficiaires pour s'enquérir de leurs attentes qu'il prendra bien soin de noter. Ensuite, il visitera les carrières et gites des différents matériaux de construction pour en noter les contraintes et distances. Il en fera des prélèvements pour présenter au contrôle ou au maître d'ouvrage pour approbation.

Pour les matériaux de nature biologique, il devra avoir confirmation que le prélèvement ne constitue pas une compétition avec le pâturage des animaux.

Une fois de retour au bureau, les techniciens devront élaborer un devis matière qui établit les quantités des matériaux, des différents matériels, des engins et véhicules nécessaires, en rapport avec le délai d'exécution et le personnel de terrain.

✓ Les quantités des matériaux :

Les quantités figurant au devis feront l'objet d'une vérification et d'éventuelles corrections : les différentes pièces du dossier seront utilisées à cet effet (plans, descriptif, cahier des clauses techniques s'il en existe, note de calcul, etc.).

Ces quantités seront confrontées au disponible sur les carrières visitées pour toutes dispositions utiles (recherche d'autres carrières, propositions de modifications soumises à approbation, etc...).

Elles serviront de base pour évaluer les besoins en main d'œuvre spécialisé ou non pour la collecte et la mise en œuvre.

A cet effet, l'on pourrait utiliser les rendements suivants :

Cas 1 : Main d'œuvre totalement rémunérée :

Moellons :

Mise en tas et chargement : 5 voyages de 6 m³ par jour pour 6 manœuvres si le matériau est disponible à une distance maximale de 7 km. Le matériel utilisé : pioche, marteaux, gants.

Transport : camions de 6 m³ consommant 20 l de gasoil pour 100 km.

Mise en œuvre : 1 ouvrier qualifié et 3 manœuvres taillent et placent 3 à 4 m³ de moellons par jour.

Sable :

Mise en tas et chargement : 6 voyages de 6 m³ par jour pour 6 manœuvres si le matériau est disponible à 10 km au maximum. Le matériel utilisé : pelle, brouette, tamis.

Transport : camions de 6 m³ consommant 20 l de gasoil pour 100 km.

Gravier :

Mise en tas et chargement : 6 voyages de 6 m³ par jour pour 6 manœuvres si le matériau est disponible à 10 km au maximum. Le matériel utilisé : pelle, brouette, tamis.

Transport : camions de 6 m³ consommant 20 l de gasoil pour 100 km.

Mise en œuvre du béton: 1 ouvrier qualifié et 3 manœuvres taillent et placent 1,5 m³ de béton par jour.

Pour 1 m³ de béton, il faut 600 l de sable pour 800 l de gravier.

Terre :

| | |
|--------------------------------|---|
| Déblai in situ : | 1.5 m ³ /jour et par personne |
| Remblai à la dame : | 1.5 m ³ /jour et par personne |
| Apport d'eau pour le remblai : | 1 fût de 200 l par m ³ de terre à mettre en place. |
| Matériel : | pioches, pelles, dames à main, charrette à âne, fûts. |

Les matériaux tels les moellons, le gravier et le sable sont perdus partiellement à raison de 10% à 15%. Les quantités du devis doivent être divisées par (1-10%) soit 90% ou (1-15%) soit 85%.

Cas 2 : Main d'œuvre partiellement rémunérée pour participation :

Les rendements à considérer sont de 75% à 60% des rendements figurant au cas 1. Pour ne pas perdre à l'utilisation du matériel, il faut que le personnel à mobiliser par jour augmente conséquemment.

✓ Le matériel :

La nature du matériel dépend de la nature des matériaux comme définit plus haut, mais également des dispositions de mise en œuvre. Ainsi, il faut également : des marteaux perrés, des truelles, des fils à plomb, des niveaux maçon, des niveaux à eau ou encore des appareils topographiques. Les quantités sont évaluées selon le personnel à déployer.

✓ Les engins et véhicules :

Les engins et véhicules sont évalués en jours en fonction des quantités des travaux :

- Pour les camions, les rendements ont été définis plus haut.
- Pour les engins, selon la nature des travaux, l'on a besoin de bulldozer, de tracteurs ou de charrue delfino.
- En sous-solage, le bull D6 a un rythme de 1,5 à 3km/h en fonction de la compacité du sol pour un sous-solage moyen de 50cm de profondeur. La bande sous-solée a une largeur de 1,5m. La consommation du bull est de 25 à 30l/heure à laquelle il faut intégrer les lubrifiants à 15% du cout du gasoil.

✓ Le personnel de terrain :

Le personnel de terrain sera composé de :

- un chef de chantier niveau CAP en génie civil ;
- un topographe éventuellement (cas des digues filtrantes, boullis, etc.) ;
- un agent de maîtrise en travaux CES-DRS ;
- des ouvriers spécialisés en enrochement ;
- des manœuvres.

Un organigramme du chantier sera élaboré, indiquant les responsabilités et les tâches dévolues à chaque intervenant sur le chantier.

Une fois le devis matière élaboré en intégrant les rendements globaux des équipes de travaux, un planning justifiable sera établi, prenant en compte les délais d'exécution. Le planning est alors soumis au contrôle.

Le recrutement du personnel se fera sur la base du devis matière en respectant les qualifications et le nombre de personnes adopté.

Une fois le personnel recruté, des rencontres seront organisées par groupes professionnels pour définir les responsables, les différents rôles et le timing des différentes tâches.

Ce personnel, spécialisé chacun dans sa tâche, apportera une retouche au devis matière tant sur les besoins en ouvriers que sur le matériel et les matériaux.

Ce dernier apport permettra de finaliser le devis matière et de procéder aux achats du matériel et à la collecte des matériaux.

Le matériel sur le site des travaux sera sous la responsabilité d'un magasinier appuyé de gardiens tant le jour que la nuit. Le magasinier utilisera des fiches de stocks, et des bons de sortie pour les besoins de la comptabilité matière.

1.2.2- Implantation de l'ouvrage

Dès l'installation du chantier, le personnel habilité sera commis à l'implantation des ouvrages en conformité avec les plans.

La présence du topographe est requise en permanence pour la réalisation des ouvrages nécessitant des travaux topographiques spécifiques.

Pour les cordons pierreux et les autres ouvrages ne nécessitant que le niveau à eau, l'on veillera à assurer la stabilité des repères d'implantation et au besoin leur départ. Ces implantations, matérialisées par des piquetages seront validées par le contrôle qui dressera un procès-verbal en bonne et due forme.

1.2.3-Travaux d'exécution de l'ouvrage

Les approvisionnements du chantier commencent dès lors que le planning a été adopté et soumis et la qualité des matériaux approuvée. Pour les approvisionnements, il est utile que connaissant l'emplacement des ouvrages, le dépôt des matériaux soit fait sur le site des travaux en fonction des volumes à mettre en place.

Au fur et à mesure des approvisionnements, les travaux d'exécution peuvent commencer une fois la réception des implantations prononcée.

L'exécution des travaux commence par le déblayage de l'emprise des ouvrages conformément aux plans et aux exigences de qualité décrites dans le dossier.

1.3- CONCEPTION ET EXECUTION DES OUVRAGES

Définir des normes pour la conception des ouvrages de CES-DRS n'est pas une tâche aisée quand on sait que certains de ces ouvrages sont issus de la tradition ou d'expériences pratiques diverses et ne s'appuient sur aucune formule de calcul. Au nombre de ces ouvrages l'on peut citer les cordons herbacés, le zaï, la demi-lune, la mise en défens, la RNA, le sous-solage, la jachère améliorée, la fixation des dunes, les haies vives et les tapis herbacés.

D'autres ouvrages tels que les diguettes filtrantes, les cordons pierreux, les cordons en terre, les digues filtrantes, les traitements de ravines, les digues frontales, les BCER, les boulis et le système d'irrigation goutte à goutte se fondent sur des bases hydrauliques et l'on peut proposer une démarche pour obtenir des ouvrages qui remplissent les fonctions attendues.

Dans l'objectif de soutenir la durabilité des projets CES-DRS l'on pourrait initier une pépinière d'herbes ou de plantules pour renforcer les différents ouvrages ou tout simplement comme gîte pour les cordons herbacés ou les bandes enherbées. Cette pépinière sera dotée d'un forage fonctionnant à l'énergie solaire avec un système d'irrigation par aspersion. Une clôture et un local de gardien permettront la protection de la pépinière.

1.3.1-Les ouvrages biologiques

1.3.1.1- Le cordon herbacé ou bande enherbée

a- Conception

Le cordon herbacé ou bande enherbée est réalisé perpendiculairement à la plus forte pente sur une ligne de même courbe de niveau.

Sur le plan de relevé de courbe de niveau, les cordons herbacés seront tracés sur les courbes de niveau dont la différence de hauteur sera de 25cm. Ainsi, plus la pente du terrain est forte, plus les cordons seront rapprochés, comme indiqué dans le tableau 2 ci-dessous :

Tableau 2 : Pente et espace pour la réalisation des cordons herbacés.

| Pente du terrain | Espacement en cm |
|------------------|------------------|
| 0.50% | 50.00 |
| 0.75% | 33.33 |
| 1.00% | 25.00 |
| 1.50% | 16.67 |
| 2.00% | 12.50 |

Chaque cordon sera composé de deux lignes distantes de 10 cm sur lesquelles seront ensemencées les graines d'herbes ou repiqués les éclats d'herbes en quinconce. Sur la ligne, l'espacement entre les touffes sera de 20 à 30 cm.

Partant du plan, l'on peut évaluer la quantité d'éclats nécessaire ou encore la quantité de graines, connaissant le taux de germination de l'espèce utilisée. Le temps de travail peut être également évalué (cf. tableau 3).

Tableau 3 : Evaluation d'un hectare de cordons herbacés

| Désignation | Unité | Quantité | Prix Unitaire | Coût en FCFA |
|--|-------|----------|---------------|---------------|
| Cordon herbacé deux lignes | m | 800 | | |
| Largeur de la saignée | m | 0.10 | | |
| Profondeur de la saignée | m | 0.15 | | |
| Volume de déblai | m3 | 12.00 | | |
| MO non qualifié pour déblai et repiquage | HJ | 21 | 1 500 | 31 500 |
| MO qualifié pour courbes de niveau | HJ | 1 | 5 000 | 5 000 |
| Eclats d'herbes | U | 4000 | 10 | 40 000 |
| Total | | | | 76 500 |

Pépinière de production d'éclats herbacés (3ha)

| PEPINIERE 3HA | Coût en FCFA |
|---|------------------|
| 1- INVESTISSEMENTS STRUCTURANTS | |
| Forage | 2 500 000 |
| panneaux solaire | 1 600 000 |
| pompe solaire | 1 000 000 |
| Réservoir | 1 000 000 |
| Grillage | 2 625 000 |
| Local de gardien et WC | 820 000 |
| Conduites et système d'arrosage par aspersion | 250 000 |
| Total1 | 9 795 000 |
| 2- PERSONNEL | |
| 1 gardien | 360 000 |
| 1 agent | 540 000 |
| Total2 | 900 000 |

| PRODUCTION ANNUELLE SUR 2,5 HA | Coût en FCFA |
|--|--------------|
| Nombre de touffes (espacements de 0.5*0.3) | 166 667 |
| Taux de succès à 80% | 133 333 |
| Eclats (3 par touffe) | 399 999 |
| Prix unitaire (F CFA) | 10 |
| Total (F CFA) | 3 999 990 |

| CHARGES DE PRODUCTION | Coût en FCFA |
|---|---------------------|
| Amortissement annuel sur 20 ans avec 5% d'inflation | 1 237 574 |
| Salaires | 900 000 |
| Divers | 240 000 |
| Total (F CFA) | 2 377 574 |

| BILAN | Coût en FCFA |
|------------------------|---------------------|
| PRODUCTION ANNUELLE | 3 999 990 |
| CHARGES ANNUELLES | 2 377 574 |
| BILAN ANNUEL (POSITIF) | 1 622 416 |

b- L'exécution

La réalisation requiert le personnel, le matériel, les matériaux et la procédure d'exécution décrits dans le tableau 4 ci-dessous:

Tableau 4 : Réalisation du cordon herbacé

| OUVRAGE | CORDON HERBACE |
|-----------------------------------|---|
| DESIGNATION | PROCEDURES/DISPOSITIONS |
| TRAVAUX | |
| Personnel | <ul style="list-style-type: none"> - Agent de maîtrise ; - Ouvriers ; - Manœuvres. |
| Matériel | <ul style="list-style-type: none"> - Pioches, Pelles |
| Matériaux | Adopter le choix de l'étude ou en faire une autre en le justifiant auprès du maître d'ouvrage |
| Description de l'exécution | <ul style="list-style-type: none"> - L'implantation est faite en considérant le plan fourni par l'étude ; - Définition des limites de l'aménagement ; - Piquetage des lignes des cordons herbacés spécifiques décrits par l'étude à l'aide du GPS ; - Réception des implantations ; - Rectification au besoin des implantations conformément au PV de réception ; - Mise en place des cordons herbacés. |

Pour réaliser les bandes enherbées, il faut un gîte d'herbe ou créer une pépinière d'herbes en réalisant un forage équipé à la pompe solaire et protégé de grillage dans lequel est construit un local de gardien.

La mise en place d'une bande enherbée obéit à la démarche suivante :

Etape 1 : choix de l'herbe à utiliser

- Herbe dont le système racinaire assez résistant pour survivre en saison sèche ;
- Herbe poussant facilement et rapidement et gênant moins les cultures.

Etape 2 : Disposition des bandes enherbées

- Disposer les bandes enherbées perpendiculairement au sens du ruissellement et sur les courbes de niveau ;
- Disposer les souches en quinconce sur les lignes ;
- Respecter les écartements de 10 cm entre les lignes ;
- Respecter les écartements de 20-30 cm entre les plants sur une même ligne.

Etape 3 : Installation des bandes enherbées

- Déterminer les courbes de niveau sur le sol et les tracer à l'aide l'objet pointu (pioche, charrue), pour pouvoir les repérer au moment de la plantation ;
- Planter ensuite l'herbe de deux façons par semis ou par repiquage ;
- Installer les bandes de façon isolée ou en association avec des ouvrages antiérosifs disposés en amont desdites bandes.

Si par semis

- Récolter les graines au moment où l'on peut les trouver (à la mi- saison sèche par exemple) ;
- Semer les graines après labour, en début de saison pluvieuse, dans les traits tracés sur les courbes de niveau. Le semis se fait sur au moins deux (02) lignes ;
- Pour certaines espèces comme *Andropogon gayanus*, il faut mélanger les graines à du sable humide pendant 12 à 24 h et brasser ce mélange pour enlever les poils des graines ;
- Laisser ce mélange reposer dans un sac pour faire pénétrer l'eau dans les graines. La plante commence à pousser 5 à 8 jours plus tard.

Si par repiquage

- Creuser une tranchée de 10 à 15 cm de profondeur et de largeur suffisante pour recueillir la souche ;
- Déraciner les éclats de touffe contenant au moins une tige, des feuilles et de racines ;
- Planter les éclats de touffe dans les tranchées et les recouvrir de terre.

Il est important de noter que la plantation par éclat de souche est plus efficace que les semis directs et recommandée en début août.

1.3.1.2- La Mise en défens

a- Conception

La conception de la mise en défens sera élaborée comme suit (cf. tableau 5):

Tableau 5 : Conception de la mise en défens

| OUVRAGE | MISE EN DEFENS |
|--|---|
| DESIGNATION | PROCEDURES/DISPOSITIONS |
| ETUDES | |
| Travaux de terrain et de bureau | <p>Le terrain et les points singuliers (les clairières, les ravins, ruisseaux et les points d'eau) seront délimités et relevés au GPS.</p> <p>L'étude devra permettre :</p> <ul style="list-style-type: none">- d'établir un état des lieux au GPS du couvert végétal et de la pédologie,- de rappeler l'ampleur du couvert végétal 10 ans, 20 ans et 30 ans auparavant ;- de diagnostiquer les causes de la dégradation du couvert végétal ;- de proposer des solutions et dispositions pour la régénération ;- d'élaborer un descriptif ;- d'élaborer le plan de masse à une échelle appropriée ;- d'élaborer les croquis de mise en œuvre. |
| Matériaux | <ul style="list-style-type: none">- Grillage- Clôture en haie vive |
| Evaluation du coût | <ul style="list-style-type: none">- Quantité des travaux ;- Quantité de la main d'œuvre ;- Quantité/qualité du matériel ;- Quantité des matériaux ;- Durée des travaux ;- Amortissement des engins, véhicules et matériel ;- Evaluation du temps d'encadrement par expert ;- Calcul des coûts. |

Aussi, les traitements des singularités physiologiques du site et des arrivées spécifiques d'eau seront précisés, reportés sur plan Autocad grâce aux coordonnées GPS, décrits et évalués. On peut évaluer le coût des travaux au moyen du tableau 6 .

Tableau 6 : Evaluation du coût des travaux de 10 hectares de mise en défens

| | Quantités | Couts Unitaires en FCFA | Coût Total en FCFA |
|-------------------------------------|-----------|-------------------------|--------------------|
| Superficie (ha) | 10.00 | 828 002 | |
| Périmètre (m) | 1265.00 | | |
| Superficie de cordons herbacés (ha) | 5.00 | 76 500 | 382 500 |
| Superficie de cordons pierreux (ha) | 5.00 | 187800.00 | 939 000 |
| Longueur de diguette filtrante (m) | 316.25 | 2750.00 | 869 688 |
| Clôture grillagée (m) | 1265.00 | 5000 | 6 325 000 |
| Total | | | 8 516 188 |

b- L'exécution

La réalisation requiert le personnel, le matériel, les matériaux et la procédure d'exécution décrits dans le tableau 7 ci-dessous :

Tableau 7 : Exécution de la mise en défens

| OUVRAGE | MISE EN DEFENS |
|-----------------------------------|--|
| DESIGNATION | PROCEDURES/DISPOSITIONS |
| TRAVAUX | |
| Personnel | <ul style="list-style-type: none"> - Agent de maîtrise ; - Ouvriers ; - Manœuvres. |
| Matériel | <ul style="list-style-type: none"> - Pioches, Pelles |
| Matériaux | Adopter le choix de l'étude ou en faire une autre en le justifiant auprès du maître d'ouvrage |
| Description de l'exécution | <ul style="list-style-type: none"> - L'implantation est faite en considérant le plan fourni par l'étude ; - Définition des limites de l'aménagement ; - Piquetage des lignes de cordons pierreux spécifiques décrits par l'étude à l'aide du GPS ; - Réception des implantations ; - Rectification au besoin des implantations conformément au PV de réception ; - Réalisation des ouvrages ; - Réalisation des différentes actions décrites par l'étude. |

| | |
|------------------------|--|
| Sensibilisation | <ul style="list-style-type: none"> - Sensibilisation des communautés à travers des concertations au sein du village ; - Identification consensuelle de la taille et les limites du site à mettre en défens ; - Implantation et réception des différents ouvrages à réaliser (clôture mécanique et/ou biologique, diguettes, cordons pierreux, bandes d'enherbement etc...) ; - Réalisation des différents ouvrages conformément au descriptif spécifique de chacun ; - Pose de panneaux pour bien signaler la zone. |
|------------------------|--|

1.3.1.3- La RNA

a- Conception

La conception de la Régénération Naturelle Assistée (RNA) sera élaborée comme suit (cf. tableau 8) :

Tableau 8 : Conception de la RNA

| OUVRAGE | RNA |
|--|---|
| DESIGNATION | PROCEDURES/DISPOSITIONS |
| ETUDES | |
| Travaux de terrain et de bureau | <p>Le terrain est délimité au GPS et les points singuliers notamment les clairières, les ravins, les ruisseaux, les points d'eau et les marres sont relevés au GPS.</p> <p>L'étude devra permettre :</p> <ul style="list-style-type: none"> - d'établir un état des lieux au GPS du couvert végétal et de la pédologie ; - de rappeler l'ampleur du couvert végétal 10 ans, 20 ans et 30 ans auparavant ; - de diagnostiquer les causes de la dégradation du couvert végétal ; - de proposer des solutions et dispositions pour la régénération ; - d'élaborer un descriptif ; - d'élaborer le plan de masse à une échelle appropriée ; - d'élaborer les croquis de mise en œuvre. |

| | |
|---|---|
| Méthode et solutions traditionnelles | <ul style="list-style-type: none"> - Le semis direct de graines d'herbes et de plantules dans des poquets enrichis de fumier par la pratique du zaï forestier : différents types de protection contre les prédatons et les feux de brousse ; - La régénération par rejets de souche : de cette pratique on distingue les arbustes qui se régénèrent par rejets, et les arbres. Les rejets des arbustes sont entretenus en favorisant la recharge d'eau dans le sol et en proposant des cuvettes aménagées. Certains arbres en développement produisent des rejets : il faut en faire une sélection pour tailler les rejets peu vigoureux et favoriser les autres qui permettront d'obtenir rapidement de grands arbres ; - La régénération par drageonnage : pour les espèces ayant cette propriété, la régénération par drageonnage est stimulée en blessant la racine à une certaine distance du pied. Des rejets émergent à ces points de blessure. Leur croissance est aussi rapide que les rejets de souche. Ils doivent bénéficier d'une protection similaire aux rejets de souches et aux plantules issues des semis ; - La régénération par éclats de souche est largement répandue pour régénérer la graminée pérenne <i>Andropogon gayanus</i> dans les champs. - La protection des sites contre les prédatons et les feux de brousse est indispensable. |
| Matériaux | <ul style="list-style-type: none"> - Faire un choix de plants et le justifier ; - Proposer une méthode de mise en œuvre en fonction du choix. |
| Evaluation du coût | <ul style="list-style-type: none"> - Quantité des travaux ; - Quantité de la main d'œuvre ; - Quantité/qualité du matériel ; - Quantité des matériaux ; - Durée des travaux ; - Amortissement des engins, véhicules et matériel ; - Evaluation du temps d'encadrement par expert ; - Calcul des coûts. |

Pour réussir la RNA, la protection des sites contre les prédatons et les feux de brousse est indispensable.

b- La réalisation

La réalisation requiert le personnel, le matériel, les matériaux et la procédure d'exécution décrits dans le tableau 9 ci-dessous :

Tableau 9 : Réalisation de la RNA

| OUVRAGE | RNA |
|-----------------------------------|--|
| DESIGNATION | PROCEDURES/DISPOSITIONS |
| TRAVAUX | |
| Personnel | <ul style="list-style-type: none"> - Agent de maîtrise ; - Ouvriers ; - Manœuvres. |
| Matériel | <ul style="list-style-type: none"> - Pioches, Pelles |
| Matériaux | Adopter le choix de l'étude ou en faire une autre en le justifiant auprès du maître d'ouvrage |
| Description de l'exécution | <ul style="list-style-type: none"> - L'implantation est faite en considérant le plan fourni par l'étude ; - définition des limites de l'aménagement ; - piquetage des lignes de cordons pierreux spécifiques décrits par l'étude à l'aide du GPS ; - Réception des implantations ; - Rectification au besoin des implantations conformément au PV de réception ; - Réalisation des ouvrages ; - Repérer, protéger et entretenir les jeunes pousses (semis, rejets de souches, drageons, marcottes etc.) qui apparaissent spontanément sur une parcelle donnée ; - Entretenir ces jeunes sujets d'arbres et d'arbustes le long des diguettes en pierre ou en terre, dans les poquets de zaï et des demi-lunes, etc. |

Elle peut constituer également au cernage racinaire des espèces ligneuses aptes au drageonnage et au marcottage terrestre des espèces apte au marcottage. Les opérations d'élagage et d'éclaircie sont souvent nécessaires pour donner un port dressé aux individus et pour réduire l'encombrement spatial dans les zones agricoles

1.3.1.4- La Jachère améliorée

a- La Conception

La conception de la jachère améliorée sera élaboré comme suit (cf. tableau 10) :

Tableau 10 : Conception de la Jachère améliorée

| OUVRAGE | JACHERE AMELIOREE |
|--|---|
| DESIGNATION | PROCEDURES/DISPOSITIONS |
| ETUDES | |
| Travaux de terrain et de bureau | <ul style="list-style-type: none">- Relever les limites du champ au GPS avant les semis ;- Identifier les courbes de niveaux espacées de 15 à 30 m ;- Définir les espèces ligneuses et herbacées à ensemençer ou à planter après le dernier sarclage sur les lignes définissant les courbes de niveau,- Elaborer un descriptif ;- Elaborer le plan de masse à une échelle appropriée ;- Elaborer les croquis de mise en œuvre. |
| Matériaux | <ul style="list-style-type: none">- Faire un choix de plan et le justifier ;- Proposer une méthode de mise en œuvre en fonction du choix. |
| Evaluation du coût | <ul style="list-style-type: none">- Quantité des travaux ;- Quantité de la main d'œuvre ;- Quantité/qualité du matériel ;- Quantité des matériaux ;- Durée des travaux ;- Amortissement des engins, véhicules et matériel ;- Evaluation du temps d'encadrement par expert ;- Calcul des coûts. |

b- La Réalisation

La réalisation requiert le personnel, le matériel, les matériaux et la procédure d'exécution décrits dans le tableau 11 ci-dessous :

Tableau 11 : Réalisation de la Jachère améliorée

| OUVRAGE | JACHERE AMELIOREE |
|-----------------------------------|---|
| DESIGNATION | PROCEDURES/DISPOSITIONS |
| TRAVAUX | |
| Personnel | - Agent de maîtrise ; - Ouvriers ; - Manœuvres. |
| Matériel | - Pioches, Pelles |
| Matériaux | Adopter le choix de l'étude ou en faire une autre en le justifiant auprès du maître d'ouvrage |
| Description de l'exécution | - L'implantation est faite en considérant le plan fourni par l'étude ; - définition des limites de l'aménagement ; - Piquetage des lignes de cordons pierreux spécifiques décrits par l'étude à l'aide du GPS selon la précision demandée ; - Réception des implantations ; - Rectification au besoin des implantations conformément au PV de réception ; - Réalisation des ouvrages ; - Réalisation des différentes actions décrites par l'étude |

L'introduction des espèces végétales peut se faire par plantation, semis direct, éclats de souches, Régénération Naturelle Assistée, etc. Plusieurs espèces ligneuses et herbacées sont utilisées au Burkina Faso : *Gliricidia sepium*, *Cajanus cajan*, *Crotalaria spp*, *Andropogon spp*, etc. à des densités variables. Les étapes sont les suivantes :

- Préparer le terrain (piquetage et trouaison). Possibilité de faire des lignes espacées de 15 m, et de 15 m sur la même ligne (environ 40 pieds par hectare) ;
- Planter les ligneux ;
- Semer les herbacées dans la zone pour couvrir le sol (exemple : pour le *Mucuna*, écartement de 0,8 m entre les lignes et de 0,4 m sur la même ligne) ;
- Laisser la parcelle environ 3 ans en jachère.

1.3.1.5- La haie vive

a- La Conception

L'étude d'une haie vive devra permettre :

- de délimiter le terrain au GPS ;
- d'identifier les différents types de sols pour choisir les espèces adaptées ;
- de proposer sur le plan les lignes d'installation des plants et la méthode de les installer (tranchées, trous de de diamètres à préciser, plantation, semis, double lignes, simple ligne, écart entre lignes et entre plants , période d'installation, etc...)
- d'évaluer les quantités des plants et des travaux des trous ;
- d'évaluer le coût des travaux (cf. tableau 12).

Tableau 12 : Evaluation du coût d'une haie vive

| HAIE VIVE | Quantités | Coûts Unitaires | Coût Total en FCFA |
|-------------------------------------|-----------|-----------------|--------------------|
| Superficie (ha) | 5.00 | 309 180 | |
| Périmètre (m) | 895.00 | | |
| Superficie de cordons herbacés (ha) | 5.00 | 76 500 | 382 500 |
| Longueur de haie double lignes | 895.00 | | - |
| Longueur de haie double lignes | 447.50 | | |
| nombre de poquets et de plants | 5595.00 | | |
| Volume et coût des poquets | 671.40 | 1000.00 | 671 400 |
| Coût des plants | 5595.00 | 100.00 | 559 500 |
| Total | | | 1 613 400 |

b- La réalisation

La réalisation requiert le personnel, le matériel, les matériaux et la procédure d'exécution décrits dans le tableau 13 ci-dessous :

Tableau 13 : Réalisation de la Haie vive

| OUVRAGE | HAIE VIVE |
|-----------------------------------|--|
| DESIGNATION | PROCEDURES/DISPOSITIONS |
| TRAVAUX | |
| Personnel | <ul style="list-style-type: none"> - Agent de maîtrise ; - Ouvriers ; - Manœuvres ; |
| Matériel | <ul style="list-style-type: none"> - Pioches, Pelles. |
| Matériaux | Adopter le choix de l'étude ou en faire une autre en le justifiant auprès du maître d'ouvrage |
| Description de l'exécution | <ul style="list-style-type: none"> - L'implantation est faite en considérant le plan fourni par l'étude ; - définition des limites de l'aménagement ; - Piquetage des lignes de cordons pierreux spécifiques décrits par l'étude à l'aide du GPS selon la précision demandée ; - Réception des implantations ; - Rectification au besoin des implantations conformément au PV de réception ; - Réalisation des ouvrages ; - Réalisation des différentes actions décrites par l'étude. |

1.3.1.6- Le tapis herbacé

a- La Conception

L'étude pour la mise en place du tapis herbacé se fera comme suit (cf. tableau 14):

Tableau 14 : Conception du Tapis herbacé

| OUVRAGE | TAPIS HERBACE |
|--|--|
| DESIGNATION | PROCEDURES/DISPOSITIONS |
| ETUDES | |
| Travaux de terrain et de bureau | <p>L'étude pour la mise en place du tapis herbacé devra :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Délimiter au GPS le site et le porter sur un plan Autocad ; - Délimiter sur photo aérienne ou Google Earth ou encore sur les cartes 1/50.000 ou carte 1/100.000 le bassin versant du site ; - Proposer une approche d'étude hydrologique pour appréhender les débits d'eau ; - Proposer un traitement mécanique en amont si les études hydrologiques en montrent la nécessité ; - Piqueter sur le site les courbes de niveau et les relever au GPS pour report sur le plan ; - Projeter le tracé des tapis herbacés et en préciser leur largeur qui devrait être suffisante pour infiltrer une partie des eaux et diminuer la vitesse de l'eau ; - Définir le type de sous-solage, le décrire, le quantifier et l'évaluer ; - Proposer les espèces à ensemercer et en évaluer le coût ; - Elaborer un descriptif ; - Elaborer le plan de masse à une échelle appropriée ; - Elaborer les croquis de mise en œuvre. |
| Matériaux | <ul style="list-style-type: none"> - Faire un choix de plants et le justifier ; - Proposer une méthode de mise en œuvre en fonction du choix. |
| Evaluation du coût | <ul style="list-style-type: none"> - Quantité des travaux ; - Quantité de la main d'œuvre ; - Quantité/qualité du matériel ; - Quantité des matériaux ; - Durée des travaux ; - Amortissement des engins, véhicules et matériel ; - Evaluation du temps d'encadrement par expert ; - Calcul des coûts. |

b- La réalisation

L'implantation est faite en considérant le plan fourni par l'étude :

- définition des limites de l'aménagement ;
- piquetage des lignes de cordons pierreux spécifiques décrits par l'étude à l'aide du GPS selon la précision demandée ;
- réception des implantations ;
- rectification au besoin des implantations conformément au PV de réception ;
- réalisation des ouvrages.

Travail du sol :

Sous-solage à l'aide d'engins lourds (bulldozer) munis de dents :

Profondeur de travail : 30 à 60 cm.

Période de réalisation : début saison de pluies ou septembre.

Scarifiage avec des dents montées sur charrues à traction animale

Profondeur de travail : 10 à 15 cm.

Période de réalisation : précoce (janvier – février).

Ecartement : 60 à 85 cm. Travail perpendiculaire à la pente.

Ensemencement :

- Récolte des semences en novembre et scarification ;
- Enfouissement dans les sillons (mai – juillet) ;
- Espèces susceptibles d'être ensencées : *Andropogon gayanus*; *Pennisetum pedicellatum* ; *Schoenefeldia gracilis* ; *Eragrotis spp* ; *Bracharia spp* ; *Cymbopogon schoenanthus* ; *Dactyloctenium aegyptium* ; *Cenchrus biflorus* ; *Zornia glochidiata*

Aménagements annexes

Un ruissellement intense peut emporter les semences. Il est alors nécessaire de le diminuer en associant au travail du sol, un aménagement en amont. On peut conseiller l'installation de cordons pierreux ou de diguettes en terre perpendiculairement à la pente, les écartements pouvant varier avec la valeur de la pente. On peut effectuer également des plantations d'espèces ligneuses.

- Identification des espèces ligneuses à utiliser. Le choix des espèces ligneuses doit s'assurer que celles-ci sont adaptées aux haies vives et tenir compte des produits secondaires que le promoteur souhaite obtenir ;
- Choisir le mode d'installation : par semis direct, plants ou boutures ;
- S'assurer de l'adéquation entre le mode d'installation et les espèces choisies ;
- Technique d'installation : l'idéal serait d'ouvrir sur le périmètre à protéger, une tranchée de 40 cm x 40 cm (40 cm de large sur 40 cm de profondeur) dans laquelle la plantation ou le semis se fait ;
- La tranchée peut consister simplement à remuer le sol à l'aide d'une pioche, si elle nécessite l'évacuation de la terre, celle-ci doit être remise avant la plantation ou le semis. Mais vu la pénibilité du travail et la main d'œuvre nécessaire à l'ouverture de la tranchée, il est conseillé d'adapter le travail du sol au mode d'installation pour réduire les coûts ;
- Lorsque le mode d'installation est le semis direct, il est nécessaire d'ouvrir la tranchée, de prétraiter les graines selon le prétraitement adapté ;
- Le semis se fait sur deux lignes parallèles distantes de 30 cm en raison de deux graines par poquet. Chaque ligne est distante de la bordure la plus proche de 5 cm. Les poquets de semis sont disposés en quinconce sur les deux lignes. Sur chaque ligne deux poquets consécutifs sont distants de 30 cm ;
- L'installation par plantation de plants produits en pépinière est la plus courante et la moins risquée. Elle donne les meilleurs résultats. Elle peut se faire sans l'ouverture d'une tranchée. Les plants sont mis en terre en quinconce sur deux lignes. Sur chaque ligne deux plants consécutifs sont distants de 50 cm.

La gestion périodique des haies défensives : l'étanchéité et les produits secondaires, donc l'efficacité de la haie vive défensive, sont fonction de la gestion périodique appliquée à celle-ci : taille (totale ou partielle selon les produits secondaires recherchés), fermeture des ouvertures, recyclage des émondes, etc. Les haies vives défensives mal gérées deviennent poreuses et encombrantes.

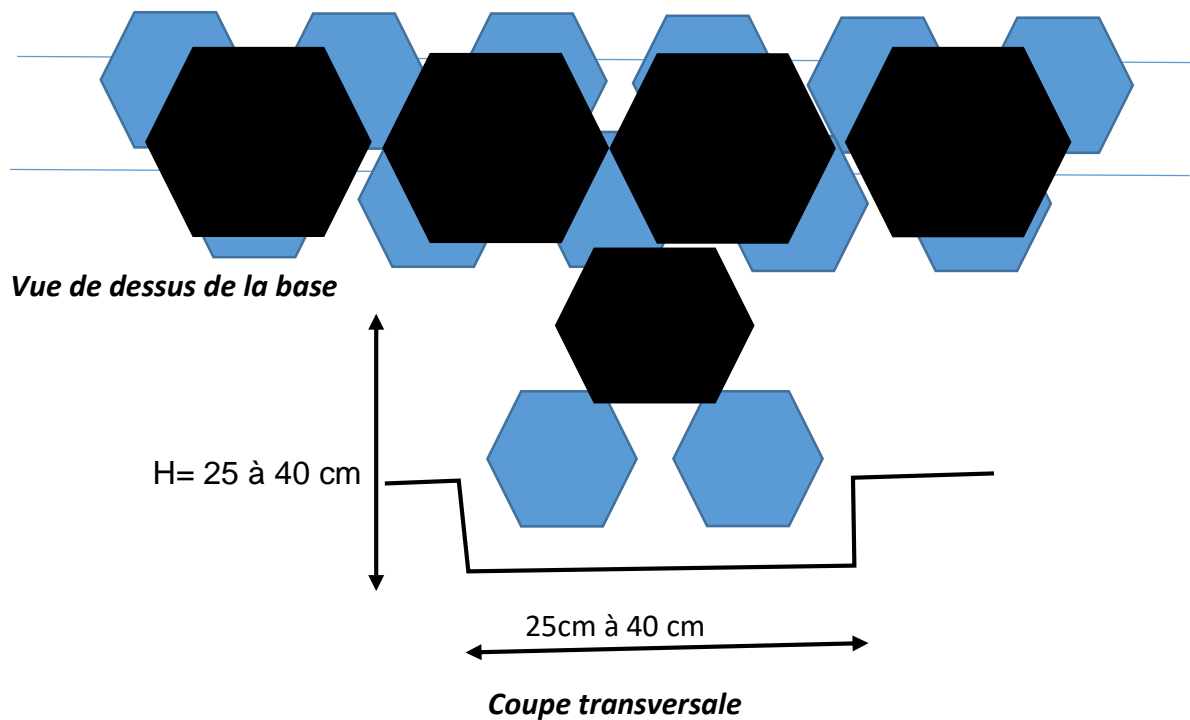
1.3.2- Les Ouvrages Mécaniques

1.3.2.1- Le cordon pierreux

a- La Conception

Le cordon pierreux est l'ouvrage le plus connu en aménagement CES-DRS. Comme profil type des cordons pierreux, il est proposé un décapage de 5 à 10 cm selon la qualité du sol et la mise en place d'un filtre fait d'éclat de moellons à la base sur la zone décapée. La largeur à la base sera de 25 à 40 cm. Elle sera constituée de deux moellons placés en quinconce sur deux rangées de façon que vus de dessus, les moellons présentent trois pierres en triangle équilatéral. Un troisième moellon plus gros sera posé au-dessus (voir schéma 1 ci-dessous).

Schéma 1 : Profil type du cordon pierreux



Pour tracer les cordons pierreux sur le plan des relevés, l'on part de la diguette située en amont du site. L'on calcule la pente P_m du terrain suivant la formule :

$P_m = Dh/L$ la P_m = pente moyenne,

Où Dh = différence de hauteur entre deux courbes de niveau sur le plan des relevés

L = la distance qui sépare deux courbes de niveau sur le plan des relevés dans le sens de la plus forte pente.

- Définir un profil en travers type du cordon pierreux (voir schémas ci-dessus)
- Définir l'écart entre les lignes EL (m) de cordons pierreux en fonction de la hauteur H_c du cordon selon la formule ci-après :

EL (écart entre les lignes de cordons pierreux) = EL (écart entre les lignes de cordons pierreux)

$$= \frac{H_c}{\left[0,01 \times \left(1 - \frac{0,3 \times P_m}{100}\right)\right]}$$

Exemple1 : $P_m = \frac{1}{100} = 0,01$ et $H_c = 0.3m$. On aura $E_L = \frac{0,3}{\left[0,01 \times \left(1 - \frac{0,3 \times 0,01}{100}\right)\right]}$

$E_L = 30m$

Exemple2 : $P_m = \frac{0,8}{100} = 0,008$ et $H_c = 0.25m$. On aura $E_L = \frac{0,25}{\left[0,008 \times \left(1 - \frac{0,3 \times 0,008}{100}\right)\right]}$

$E_L = 31m$

Définir les lignes des cordons pierreux en traçant le long des courbes de niveau en respectant l'écart calculé EL entre les cordons.

La pente fictive a été évaluée en moyenne entre un dénivelé de 15cm pour 50m d'écart et un dénivelé de 5cm pour 15m d'écart, soit une pente moyenne de 0.3%. (Les Techniques des conservations des eaux et des sols, CIEH et UAW, J.C.J. VLAAR, 1992 P55).

Un exemple d'évaluation des quantités de travaux d'exécution d'un cordon pierreux est décrit au tableau 15 ci-dessous.

Tableau 15 : Evaluation des quantités de travaux d'exécution de 300 m de cordon pierreux

| Désignation | Unité | Quantité | Prix Unitaire | Coût (FCFA) |
|---|-------|----------|---------------|----------------|
| Cordon Pierreux | m | 300 | | |
| b | m | 0.20 | | |
| B | m | 0.40 | | |
| H | m | 0.40 | | |
| Volume de moellons | m3 | 36 | | |
| Décapage | m3 | 12 | | |
| MO non qualifié pour collecte et chargement du camion | HJ | 7.2 | 1 500 | 10 800 |
| Camion | J | 1.2 | 60 000 | 72 000 |
| Carburant | L | 15 | 600 | 9 000 |
| MO non qualifié pour décapage | HJ | 8 | 1 500 | 12 000 |
| MO qualifié pour pose des moellons | HJ | 6 | 5 000 | 30 000 |
| MO non qualifié pour pose des moellons | HJ | 36 | 1 500 | 54 000 |
| Total (F CFA) | | | | 187 800 |

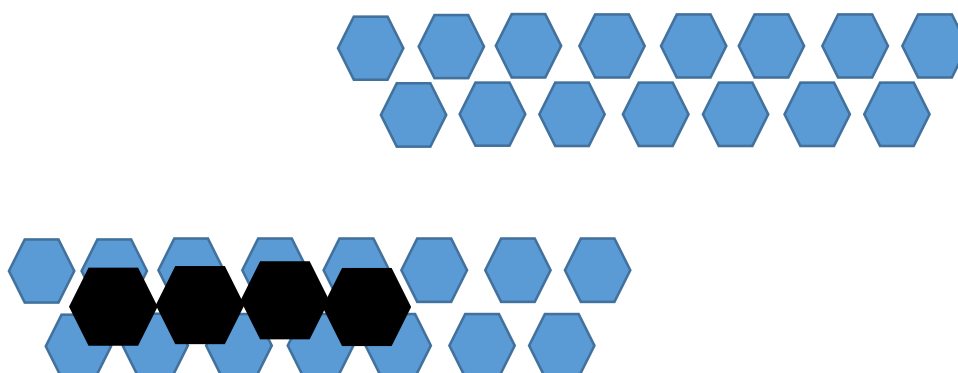
b- La Réalisation

La réalisation requiert le personnel, le matériel, les matériaux et la procédure d'exécution décrits dans le tableau 16 ci-dessous:

Tableau 16 : Réalisation des Cordons pierreux

| OUVRAGE | CORDONS PIERREUX |
|-----------------------------------|---|
| DESIGNATION | PROCEDURES/DISPOSITIONS |
| TRAVAUX | |
| Personnel | - Agent de maîtrise ; - Ouvriers ; - Manœuvres ; |
| Matériel | - Pioches, Pelles, Marteaux masse, Marteaux perré. |
| Matériaux | Adopter le choix de l'étude ou en faire une autre en le justifiant auprès du maître d'ouvrage |
| Description de l'exécution | - Définition des limites de l'aménagement ; - Piquetage des lignes de cordons pierreux spécifiques décrits par l'étude à l'aide du GPS ; - Réception des implantations ; - Rectification au besoin des implantations conformément au PV de réception ; - Déposer les voyages de camion de 6m3 tous les 50m ; - sur la ligne de courbe de niveau implantée, décaper sur bande de 40cm sur une profondeur de 5 à 10cm ; - Disposer les moellons moyens sur deux rangés en quinconce de façon à obtenir des triangles équilatéraux (voir schéma 6) |

Schéma 2 : Réalisation du cordon trois pierres



- casser les petits moellons pour remplir les vides et obtenir de fait un filtre ;
- placer des moellons plus gros au-dessus des trois moellons formant le triangle équilatéral ;
- marcher sur les gros cailloux pour vérifier la stabilité. Si les moellons bougent, il faut reprendre la pose.

1.3.2.2- Le cordon en terre

a- La Conception

Le tracé des cordons en terre est identique à celui des cordons pierreux. Le calcul des écarts entre les lignes est également le même que celui des cordons pierreux.

Toutefois, pour les cordons en terre, la longueur du cordon ne dépassera guère 50m avec aux deux bouts du cordon, deux ailes qui remontent en angle pour rattraper une côte de 15cm plus basse que la crête du cordon. Ces ailes seront recouvertes de moellons de 15cm de queue pour permettre le passage de l'eau sans dommage pour le remblai. A l'angle formé par l'aile et le corps du cordon, un épi de 2m de longueur en cordon pierreux 3 pierres de la même hauteur que le cordon sera réalisé pour drainer les eaux à l'écart du pied du remblai et éviter sa destruction.

Sur le corps de remblai du cordon, revêtir le remblai tous les 20m de moellons sur une longueur de 5 à 10m de façon à permettre le passage de l'eau sans endommager le remblai. Les schémas 2 et 3 ci-dessous donnent deux représentations possibles du cordon en terre : profil en long et vue en plan.

Schéma 3 : Profil en long du cordon en terre

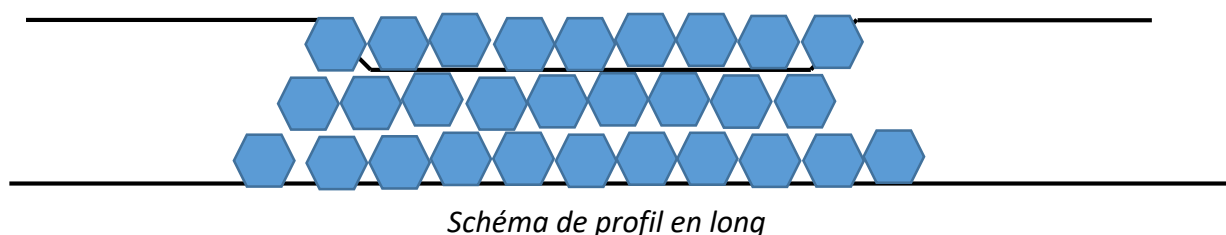
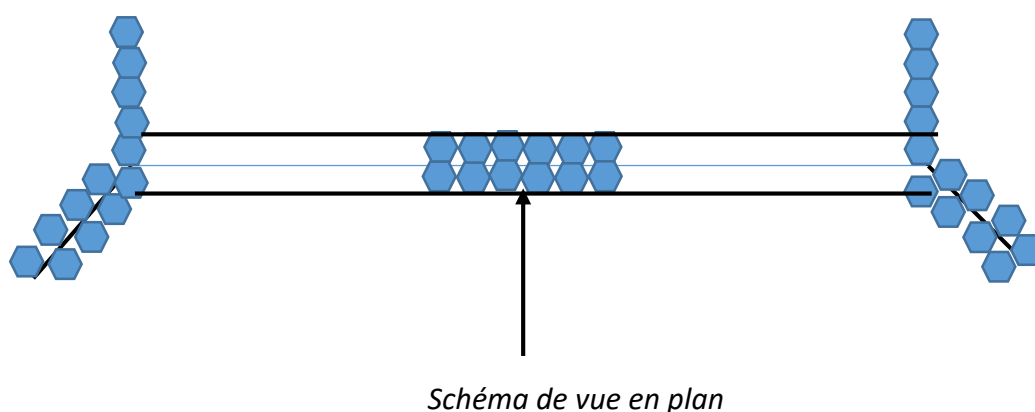


Schéma 4 : Vue en plan du cordon en terre



Le quantitatif des travaux est donné au tableau 17.

Tableau 17 : Quantitatif des travaux d'un cordon en terre protégé de moellons

| Cordons en terre sur 110m de longueur utile | 110 | Espacement | 30 | |
|--|-----------------|------------------------------|---------------------|--------------------|
| Désignation | <i>Longueur</i> | <i>Largeur en crête b(m)</i> | <i>Hauteur H(m)</i> | <i>Volume (m3)</i> |
| Décapage | 110 | 0.8 | 0.15 | 13.20 |
| Remblai du décapage | 110 | 0.8 | 0.15 | 13.20 |
| Remblai argileux de hauteur 30cm pour parties principale du cordon | 60 | 0.4 | 0.3 | 10.80 |
| Revêtement latéritique de 10cm pour parties principales du cordon | 60 | 0.3 | 0.1 | 8.59 |
| Remblai de hauteur 15cm pour exutoires du cordon | 40 | 0.6 | 0.15 | 5.10 |
| Revêtement latéritique de 10cm pour exutoires du cordon | 40 | 0.3 | 0.1 | 2.90 |
| Enrochement pour revêtement des exutoires | 40 | 0.3 | 0.15 | 6.89 |
| Remblai de hauteur 15 à 0cm cm pour ailes du cordon | 20 | 0.4 | 0.075 | 0.45 |
| Revêtement latéritique de 10cm pour ailes | 20 | 0.3 | 0.1 | 2.19 |
| Enrochement pour revêtement des ailes | 30 | 0.3 | 0.15 | 2.38 |
| Epi en cordon pierreux | 4 | 0.2 | 0.3 | 0.30 |
| Superficie (ha) | 0.33 | | | |

Le tableau 18 permet de déterminer le coût des travaux d'un cordon en terre

Tableau 18 : Coût des travaux d'un cordon en terre protégé de moellons

| Cordons en terre sur 110m de longueur utile | 110 | Espacement | 30 | | | |
|--|-------------|-------------------|---------------|---------|--------|--------------------|
| Désignation | Volume (m3) | MO qualif | MO non qualif | Camions | Gasoil | Coût total en FCFA |
| Décapage | 13.20 | | 9 | | | |
| Remblai du décapage | 13.20 | | 7 | | | |
| Remblai argileux de hauteur 30cm pour parties principale du cordon | 10.80 | | 14 | | | |
| Revêtement latéritique de 10cm pour parties principales du cordon | 8.59 | | 9 | 0 | 5 | |
| Remblai de hauteur 15cm pour exutoires du cordon | 5.10 | | 7 | | | |
| Revêtement latéritique de 10cm pour exutoires du cordon | 2.90 | | 3 | 0 | 2 | |
| Enrochement pour revêtement des exutoires | 6.89 | 2 | 8 | 0 | 7 | |
| Remblai de hauteur 15 à 0cm cm pour ailes du cordon | 0.45 | | 1 | | | |
| Revêtement latéritique de 10cm pour ailes | 2.19 | | 2 | 0 | 1 | |
| Enrochement pour revêtement des ailes et épi | 2.38 | 1 | 3 | 0 | 2 | |
| Superficie (ha) | 0.33 | 4 500 | 1 500 | 60 000 | 600 | |
| Coût pour 0.33 hectare (F CFA) | | 14 364 | 93 551 | 60 000 | 10 874 | 178 789 |
| Coût pour 1 hectare (F CFA) | | | | | | 541 784 |

b- La Réalisation

La réalisation requiert le personnel, le matériel, les matériaux et la procédure d'exécution décrits dans le tableau 19 ci-dessous :

Tableau 19 : Réalisation des cordons en terre

| OUVRAGE | CORDONS EN TERRE |
|-----------------------------------|--|
| DESIGNATION | PROCEDURES/DISPOSITIONS |
| TRAVAUX | |
| Personnel | <ul style="list-style-type: none">- Agent de maîtrise ;- Ouvriers ;- Manœuvres. |
| Matériel | <ul style="list-style-type: none">- Pioches, Pelles, Brouettes, Charrettes, Camions.... |
| Matériaux | Adopter le choix de l'étude ou en faire une autre en le justifiant auprès du maître d'ouvrage |
| Description de l'exécution | <ul style="list-style-type: none">- Définition des limites de l'aménagement ;- Piquetage des lignes de cordons pierreux spécifiques décrits par l'étude à l'aide du GPS ;- Réception des implantations ;- Rectification au besoin des implantations conformément au PV de réception ;- Réalisation des ouvrages. |

1.3.2.3- La demi-lune manuelle et la demi-lune mécanisée

a- Conception

La demi-lune manuelle

Pour le tracé en plan, la ligne sur laquelle les centres des demi-lunes sont placés, est parallèle à la courbe de niveau. La ligne suivante est placée à une distance égale à 2fois le rayon de la demi-lune considérée. Ainsi, pour la grande demi-lune, les lignes sur lesquelles sont positionnés les centres des demi-cercles sont équidistantes de 4m. Pour la petite demi-lune, la distance sera de 2m. Une fois la première demi-lune tracée, le centre de la deuxième sera situé à une distance égale à 2 fois le rayon, soit 4m pour la grande demi-lune et 2m pour la petite demi-lune.

Le déblai est fait sur une profondeur de 15 à 25 cm et les produits de déblai sont déposés sur le demi-cercle en un bourrelet semi- circulaire au sommet aplati.

Son implantation se fait par pivotement à l'aide d'un compas de 1 à 2 m de rayon.

L'évaluation du coût des travaux est décrite au tableau 20 ci-dessous.

Tableau 20 : Evaluation du coût des travaux d'un hectare de demi-lune

| | Grande demi-lune | Petite demi-lune |
|---|------------------|------------------|
| Espacement entre lignes (m) | 4.00 | 2.00 |
| Espacement des centres des demi-lunes (m) | 8.00 | 4.00 |
| Rayon (m) | 2.00 | 1.00 |
| Nombre de demi-lunes par ha | 312.50 | 1250.00 |
| Volume (m3) | 85.86 | 85.86 |
| HJ (1 500F/J) | 57.24 | 57.24 |
| Coût (F CFA) / Ha | 85 859 | 85 859 |

La demi-lune mécanisée

Pour le tracé en plan, la ligne sur laquelle les centres des demi-lunes sont placés, est parallèle à la courbe de niveau. L'évaluation du coût des travaux est décrite au tableau 21 ci-dessous :

Tableau 21 : Evaluation du coût des travaux d'un hectare de demi-lune mécanisé

| Caractéristiques des demi lunes | Dimensions |
|----------------------------------|--------------------|
| Longueur | 3.5 à 5 m |
| Profondeur | 0,4 à 0,5 m |
| Largeur | 0,4 à 0,5 m |
| Ecart entre les lignes | 3.5 à 7 m |
| Distance entre les demi lunes | 1 à 2m |
| Capacité de stockage en eau | 1000 à 1200 litres |
| Nombre de demi lunes à l'hectare | 400 |
| Rendement de la charrue Delfino | 8 à 10 hectares |
| Coût à l'hectare (FCFA) | 150 000 |

b- La Réalisation

L'implantation est faite en considérant le plan fourni par l'étude :

- définition des limites de l'aménagement ;
- piquetage des lignes de cordons pierreux spécifiques décrits par l'étude à l'aide du GPS ;
- réception des implantations ;
- rectification au besoin des implantations conformément au PV de réception ;
- réalisation des ouvrages.

a- Demi-lune manuelle

Pour la mise en œuvre des ouvrages sur le site, l'on procède comme suit :

- Planter les courbes de niveau conformément au plan ;
- Réceptionner l'implantation ;
- Ouvrir une raie de 1 à 2 m de rayon par pivotement à l'aide d'une ficelle. Les écartements seront conformes aux plans ;
- Creuser la demi-lune sur une profondeur de 20 à 30 cm ;
- Déposer la première couche de terre en amont, et placer les couches en profondeur en déblais sur le demi-cercle, en bourrelets semi-circulaires au sommet aplati ;
- Ajouter une brouettée (environ 35 kg) de compost par demi-lune ;
- Remettre la première couche de terre qui avait été déposée en amont dans la cuvette ;
- Tracer des lignes dans la demi-lune et semer à l'intérieur.

b- Demi-lune mécanisée

L'implantation est faite en considérant le plan fourni par l'étude :

- définition des limites de l'aménagement ;
- piquetage des lignes de cordons pierreux spécifiques décrits par l'étude à l'aide du GPS ;
- réception des implantations ;
- rectification au besoin des implantations conformément au PV de réception ;
- réalisation des ouvrages.

✓ La charrue « Delfino » (Dauphin)

A chaque plongée, la charrue creuse une tranchée semi-circulaire (demi-lune) en constituant un bourrelet de terre vers l'extérieur. Chaque demi-lune est interrompue lorsque la charrue se relève. Cependant les demi-lunes successives sur la ligne restent reliées entre elles par une coupure du sol provoquée par un ripper constamment enfoncé. Le travail du sol doit suivre les courbes de niveau. Le poids de cette charrue portée, le mouvement qui l'anime, et la vitesse d'exécution nécessaire à une bonne qualité du travail exigent un tracteur lourd d'une puissance d'au moins 180 CV. La charrue « Delfino » creuse entre 12 et 20 demi-lunes par minute. Les demi-lunes ont une longueur moyenne de 5 m, une largeur de 60cm et une profondeur de 50 cm. La capacité théorique de rétention des eaux de ruissellement est de 1000 à 1200 litres par demi-lune. Le nombre de demi-lunes à l'hectare varie en fonction de la pente et de la pluviosité du site considéré. A noter que le sol situé entre les lignes de demi-lunes, doit rester nu et non travaillé car il constitue le bassin versant d'approvisionnement en eau des demi-lunes où sera concentrée la production.

✓ La charrue « Treno » (Train)

C'est une charrue plus lourde que la précédente, non portée, qui creuse des sillons cloisonnés, déposant dans le sillon, à intervalles réguliers, la couche superficielle et fertile du sol récoltée par une lame mobile située à l'avant de l'appareil, créant ainsi les cloisonnements. La charrue est réversible et dépose systématiquement vers l'aval la terre prélevée dans le sillon. Elle permet un travail du sol à deux niveaux (sous-solage et micro bassins) mais elle valorise mieux d'une part la fertilité résiduelle des horizons superficiels des sols et d'autre part les eaux de ruissellement par sa très grande efficacité de récupération. Elle est particulièrement bien adaptée aux sols très lourds subhorizontaux ou sur faibles pentes. Elle permet de travailler en courbes de niveau. Le poids de cette charrue et la vitesse du travail nécessitent également un tracteur lourd d'une puissance d'au moins 180CV.

Elle réalise entre 15 et 25 micro bassins par minute soit 900 à 1500 micro bassins par heure. Là aussi, le nombre de micro bassins à l'hectare, c'est-à-dire la distance entre les sillons, varie en fonction de la pente et de la pluviosité du site considéré. De même, le sol situé entre les sillons doit rester nu et non travaillé car il constitue le bassin versant d'approvisionnement en eau des micro bassins où se concentrera la production.

1.3.2.4- Le sous-solage

a- La Conception

La conception du sous-solage est faite sur les sols compacts et imperméables. Il faut identifier le site, et prendre les coordonnées des limites au GPS. Les lignes de sous-solage devront être perpendiculaires à la plus forte pente. Selon la compacité du sol, l'engin de travail pourrait être le bull (sol très compact) ou le tracteur (sol moins compact). Le dossier d'étude proposera la profondeur du sous-solage, la largeur de la bande de sous-solage et les espacements entre les bandes. Les tableaux 22 et 23 permettent de faire une estimation du coût des travaux.

Tableau 22 : Evaluation du coût des travaux de 40 hectares de sous-solage au bull

| SOUS-SOLAGE AU BULL | Quantités | Couts Unitaires | Coût Total en FCFA |
|---------------------------------|------------------|------------------------|---------------------------|
| Superficie (ha) au Bull | 40.00 | 308 889 | |
| Espacement entre bandes (m) | 1.50 | Sous-solage total | |
| Largeur de la bande (1,5m) | 1.50 | | |
| Bulldozer (H) | 177.78 | 50000.00 | 8 888 889 |
| Carburant | 4444.44 | 600.00 | 2 666 667 |
| Porte char (100 km de distance) | 400.00 | 2000.00 | 800 000 |
| Total 1 | | | 12 355 556 |
| Superficie (ha) au Bull | 40.00 | 106 667 | |
| Espacement entre bandes (m) | 5.00 | | |
| Largeur de la bande (1,5m) | 1.50 | | |
| Bulldozer (H) | 53.33 | 50000.00 | 2 666 667 |
| Carburant | 1333.33 | 600.00 | 800 000 |
| Porte char (100 km de distance) | 400.00 | 2000.00 | 800 000 |
| Total 2 | | | 4 266 667 |
| Superficie (ha) au Bull | 40.00 | 63 333 | |
| Espacement entre bandes (m) | 10.00 | | |
| Largeur de la bande (1,5m) | 1.50 | | |
| Bulldozer (H) | 26.67 | 50000.00 | 1 333 333 |
| Carburant | 666.67 | 600.00 | 400 000 |
| Porte char (100 km de distance) | 400.00 | 2000.00 | 800 000 |
| Total 3 | | | 2 533 333 |

Tableau 23 : Evaluation du coût des travaux de 40 hectares de sous-solage au tracteur

| SOUS-SOLAGE AU TRACTEUR | Quantités | Couts Unitaires | Coût Total en FCFA |
|----------------------------------|------------------|------------------------|---------------------------|
| Superficie (ha) au Tracteur | 40.00 | 160 000 | |
| Espacement entre bandes (m) | 1.50 | sous-solage total | |
| Largeur de la bande (1,5m) | 1.50 | | |
| Tracteur (H) | 400.00 | 10000.00 | 4 000 000 |
| Carburant | 4000.00 | 600.00 | 2 400 000 |
| Porte char (100 km de distance) | 0.00 | 2000.00 | - |
| Total 1 | | | 6 400 000 |
| Superficie (ha) au Tracteur | 40.00 | 48 000 | |
| Espacement entre bandes (m) | 5.00 | | |
| Largeur de la bande (1,5m) | 1.50 | | |
| Tracteur (H) | 120.00 | 10000.00 | 1 200 000 |
| Carburant | 1200.00 | 600.00 | 720 000 |
| Déplacement (100 km de distance) | 0.00 | 2000.00 | - |
| Total 2 | | | 1 920 000 |

| SOUS-SOLAGE AU TRACTEUR | Quantités | Couts Unitaires | Cout Total en FCFA |
|----------------------------------|------------------|------------------------|---------------------------|
| Superficie (ha) au Tracteur | 40.00 | 24 000 | |
| Espacement entre bandes (m) | 10.00 | | |
| Largeur de la bande (1,5m) | 1.50 | | |
| Tracteur (H) | 60.00 | 10000.00 | 600 000 |
| Carburant | 600.00 | 600.00 | 360 000 |
| Déplacement (100 km de distance) | 0.00 | 2000.00 | - |
| Total 3 | | | 9600 |

b- La Réalisation

La réalisation requiert le personnel, le matériel, les matériaux et la procédure d'exécution décrits dans le tableau 24 ci-dessous :

Tableau 24 : Réalisation du Sous-solage

| OUVRAGE | SOUS-SOLAGE |
|-----------------------------------|--|
| DESIGNATION | PROCEDURES/DISPOSITIONS |
| TRAVAUX | |
| Personnel | - Agent de maîtrise ; - Ouvriers ; |
| Matériel | - Tracteur 4x4, Sous-soleuse, Bull |
| Matériaux | |
| Description de l'exécution | - Définition des limites de l'aménagement ; - Piquetage des lignes de cordons pierreux spécifiques décrits par l'étude à l'aide du GPS ; - Réception des implantations ; - Rectification au besoin des implantations conformément au PV de réception ; - Labour à la sous-soleuse. |

Il est exécuté à l'aide d'un tracteur ou d'un bulldozer par un passage de sous-soleuse rectiligne travaillant à environ 30 à 50 cm de profondeur. La largeur des sillons est de l'ordre de 30 cm et la hauteur des terres rejetées entre 50 et 100 cm. Les sillons de sous solage sont approximativement distants de 5 m et sont tracés perpendiculairement à la pente des glacis. Dans le cas de l'aménagement des parcours naturels, elle peut être associée à des techniques mécaniques comme les cordons pierreux ou biologiques telles le reboisement avec des ligneux et/ou de semis de graminées. Pour les terres de culture, la technique est suivie de préparation du lit de semences avec le labour à la charrue ou le Zaï. La fumure organique accompagne également cette préparation. La technique peut également être associée à la mise en place de cordons pierreux.

1.3.2.5- Le BCER

a- La Conception

Pour l'étude du BCER, le choix du site doit répondre à deux préoccupations : la qualité imperméable du sol pour conserver l'eau et la quantité des écoulements mensuels ou décennaires pour restituer les prélèvements. L'identification du sol est importante et permet de trouver ou non une couche imperméable à la profondeur P(m).

Une petite étude hydrologique est également importante pour déterminer la superficie du bassin versant S (m²), évaluer la pluviométrie moyenne mensuelle P_m (m) et évaluer la pluviométrie maximale journalière P₁₀ (m).

On en déduit les écoulements mensuels avec K_e=5 soit soit $V_m = \frac{K_e}{P_m}$ (m³).

Les débordements provenant des crues pourraient être maîtrisés en préparant un exutoire pour évacuer la crue décennale de l'impluvium en 24 heures avec un coefficient de pointe de K=2,5 grâce à la formule déterministe :

$$Q_{10} = \frac{P_{10} \times S \times K_r}{24 \times K}$$

K_r = coefficient de ruissellement instantané ≠ 0,35.

L'exutoire sera traité en enrochement pour contenir l'érosion. La formule de dimensionnement de l'exutoire sera un canal de dérivation de pente I, de largeur à déterminée et de hauteur de départ calculée par l'équation de Bernoulli entre la section amont à hauteur H₁ et à vitesse V₁ nulle et la section aval où l'écoulement s'est stabilisé avec une hauteur H₂ et une vitesse V₂. La largeur B du canal et la pente I de fond de canal sont fixées par le concepteur. La distance de stabilité est L :

$$\text{On a : } \frac{H_1 + V_1^2}{(2 \times 9,81)} = H_2 + V_2^2 + I \times L ; \quad H_1 = H_2 + V_2^2 + I \times L$$

$$V_2 = \frac{Q_{10}}{[(B + mH_2) \times H_2] \times H_2}$$

A partir de la formule de Manning, on calcule H₂ par itération. En en déduit V₂ et H₁. Connaissant la côte au départ du chenal de dérivation, on détermine par ajout de la revanche la côte crête de l'endiguement.

Les dimensions physiques du bassin dépendent des besoins : pour les besoins complémentaires d'une exploitation de 0,25ha, pendant 14 jours en septembre dont l'ETP journalière est de 3 à 7mm, il faut 18m³ par jour soit $V_i = 252\text{m}^3$. Pour une efficacité de réseau de 85%, il faut un volume au départ de l'irrigation de $V_d = V_i / 0,85 = 297\text{m}^3$. La retenue n'est jamais étanche et connaît des prélèvements domestiques. Les pertes par infiltration et par évaporation sont D_h pour le mois. On en déduit les caractéristiques physiques du BCER :

$V_d = [P - D_h(m)] ; S = \frac{V_d}{[P - D_h(m)]}$. La longueur et la largeur se déduisent de $S = L \times l$,
 V_d est le volume total du BCER, S est la superficie du BCER et P est la profondeur du BCER.

b- La Réalisation

La réalisation requiert le personnel, le matériel, les matériaux et la procédure d'exécution décrits dans le tableau 25 ci-dessous:

Tableau 25 : Réalisation du BCER

| OUVRAGE | BCER |
|-----------------------------------|--|
| DESIGNATION | PROCEDURES/DISPOSITIONS |
| TRAVAUX | |
| Personnel | <ul style="list-style-type: none"> - Agent de maîtrise en génie civil ; - Ouvriers ;; - Manœuvres |
| Matériel | <ul style="list-style-type: none"> - Pioches, pelles, Brouettes, dame, truelles, marteaux masse, marteaux perré. |
| Matériaux | <ul style="list-style-type: none"> - Sable, gravier, moellons, ciment |
| Description de l'exécution | <ul style="list-style-type: none"> - Définition des limites de l'aménagement ; - Piquetage des lignes de cordons pierreux spécifiques décrits par l'étude à l'aide du GPS ; - Réception des implantations ; - Rectification au besoin des implantations conformément au PV de réception ; - Réalisation des ouvrages : - Creuser le bassin conformément aux plans ; - Tapisser et damer le fond avec de l'argile pour limiter l'infiltration de l'eau ; - Aménager les bords et l'entrée du bassin avec des moellons pour éviter les éboulements et l'ensablement ; - Protéger le site avec une clôture grillagée pour des questions de sécurité ; - Utiliser la réserve d'eau pendant les poches de sécheresse, ou en maraichage en fin de campagne.. |

En fonction des besoins d'eau, il faut adapter le moyen d'exhaure (motopompe, arrosoir, ...) et le mode d'irrigation (aspersion, irrigation gravitaire, goutte à goutte).

1.3.2.6- La digue filtrante et la diguette filtrante

a- La Conception

La digue filtrante

La digue filtrante a pour objectif de freiner la vitesse de l'eau pour permettre le dépôt des matières entraînées par l'eau.

Elle est tracée perpendiculairement au cours d'eau et comme son nom l'indique, elle en filtre l'eau en retenant les matières solides en amont. Le tracé s'étend de part et d'autre du cours d'eau à une côte jugée suffisante pour obtenir l'effet escompté.

L'une des dispositions à prendre pour la conception est d'abord d'évaluer le débit de projet en l'occurrence la crue décennale.

Partant de crues évaluées par les études hydrologiques, l'on procèdera au dimensionnement de l'ouvrage de décharge dont l'axe sera centré de préférence sur le lit mineur. L'on évitera un débordement du déversement d'eau sur les berges, situation qui conduira à des phénomènes d'érosion contreproductive.

Ainsi l'on considérera une longueur de déversement L_d située entre les deux berges du lit mineur. Elle sera inférieure à la largeur entre les berges dudit lit de 1 à 2 mètres.

Le décrochage entre la crête du déversoir et celle de la digue sera calculé comme suit :

$$H = \left[\frac{Q_{10}}{0,36 \times L_d} \right]^{2/3} + 0,10$$

Où Q_{10} = crue décennale du bassin versant,
 L_d = la longueur du déversoir.

Le talus amont de la digue sera de 3V/1H. Le talus aval du déversoir sera de 1V/3H tandis que le talus aval de la digue elle-même sera de 1V/1H.

La jonction digue talus sera traitée de préférence en béton ou en perré maçonné pour stabiliser cette partie très sensible contre l'érosion interne cause de la formation de renards et de la destruction de la digue.

L'aval immédiat du déversoir sera enfoncé de 30 à 40 cm par rapport au fond normal du cours d'eau sur une longueur de 3m avant de repartir à la côte du fond du cours d'eau qui sera protégé d'enrochement sur 3m plus loin. Les deux berges du cours d'eau seront protégées en perré sur la même longueur que le fond. Cette protection sera étendue hors lit mineur sur les deux berges et sur une bande de 1m. Les bandes feront jonction avec deux épis de cordons 3 pierres construits le long des berges à 1m de celles-ci.

Les ouvrages peuvent être construits soit en maçonnerie de moellons libres, soit en gabions.

La diguette filtrante

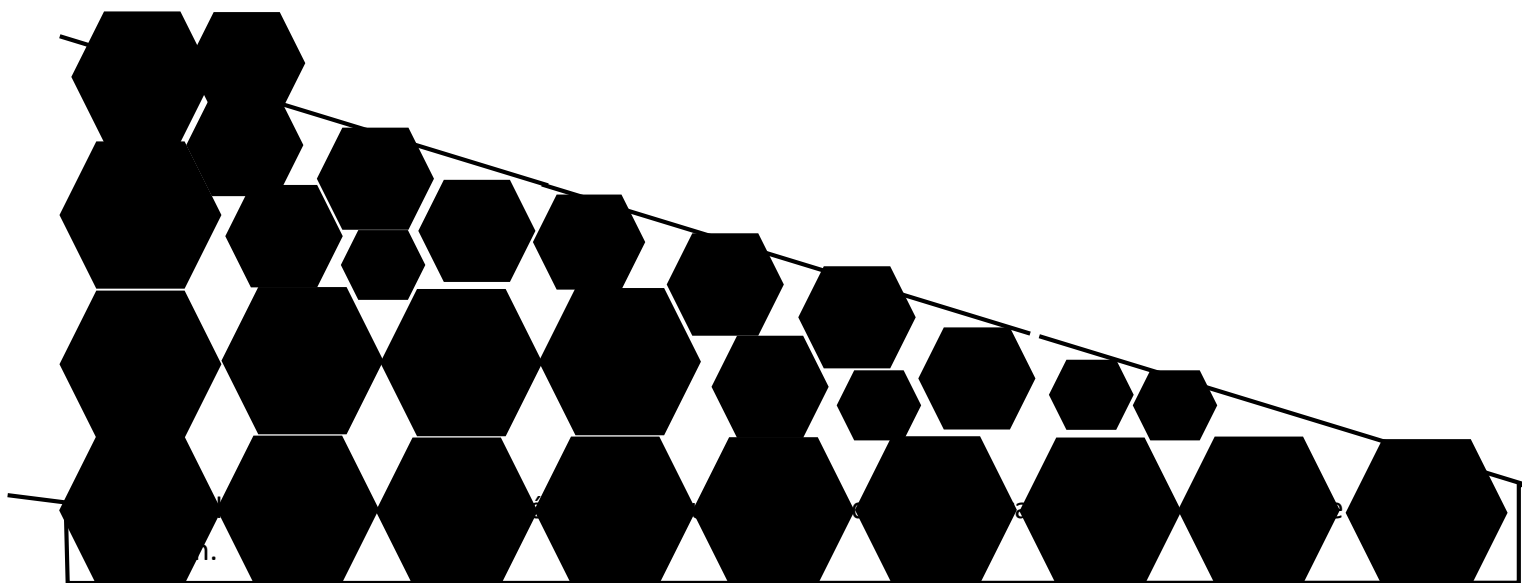
La diguette filtrante est tracée en amont du plan suivant la courbe de niveau la plus haute. Si cette courbe de niveau passe sur un talweg bien prononcé avec un écoulement significatif, elle est remplacée par une digue filtrante.

S'il n'y a aucune concentration d'écoulement d'eau, l'on prend soin pour que le tracé en bout de zone d'aménagement remonte par une aile en amont pour se fermer à la côte correspondant à la côte crête de la diguette.

La diguette filtrante a une forme trapézoïdale avec une largeur en crête de 30 cm, une hauteur de 40 à 50cm, une largeur à la base de 1,50m à 1,80m de façon à donner un talus aval de 3H/1V. La largeur à la base est décapée de 5 à 10 cm et tapissée à moitié d'éclats de pierres faisant office de filtre.

Le principe est décrit au schéma 4 ci-dessous.

Schéma 5 : Principe de la digue filtrante



Le tableau suivant donne une évaluation du coût de la diguette filtrante sur une longueur de 400m.

Le mode d'évaluation du coût est décrit au tableau 26.

Tableau 26 : Evaluation du Coût de 400m de diguette filtrante

| | Unité | Quantité | Prix Unitaire | Coût en FCFA |
|---|-------|----------|---------------|------------------|
| Diguette | m | 400 | | |
| B : largeur en crête | m | 0.30 | | |
| B : largeur à la base | m | 1.80 | | |
| H : hauteur | m | 0.50 | | |
| Volume de moellons | m3 | 210 | | |
| Décapage | m3 | 72 | | |
| MO non qualifié pour collecte et chargement du camion | HJ | 42 | 1 500 | 63 000 |
| Camion | J | 7 | 60 000 | 420 000 |
| Carburant | L | 87.5 | 600 | 52 500 |
| MO non qualifié pour décapage | HJ | 48 | 1 500 | 72 000 |
| MO qualifié pour pose des moellons | HJ | 35 | 5 000 | 175 000 |
| MO non qualifié pour pose des moellons | HJ | 210 | 1 500 | 315 000 |
| Total (F CFA) | | | | 1 097 500 |

b- La Réalisation

La digue filtrante

La réalisation requiert le personnel, le matériel, les matériaux et la procédure d'exécution décrits dans le tableau 27 ci-dessous:

Tableau 27 : Réalisation de la Digue filtrante

| OUVRAGE | DIGUE FILTRANTE |
|-----------------------------------|---|
| DESIGNATION | PROCEDURES/DISPOSITIONS |
| TRAVAUX | |
| Personnel | - Agent de maîtrise en génie civil ; - Ouvriers, Manœuvres. |
| Matériel | - Pioches, pelles, brouettes, marteaux masse, marteaux perré |
| Matériaux | - Sable, gravier, moellons, ciment |
| Description de l'exécution | <ul style="list-style-type: none"> - Déterminer une courbe de niveau ; - Tendre une ficelle en travers de la ravine à l'emplacement choisi et sur une rive, choisir un point pour déterminer la hauteur de la digue ; - Piqueter tout au long de la ficelle à partir de la rive tous les 3 ou 4 m ; les piquets de la partie profonde doivent émerger de la ravine ; - Un premier opérateur place les supports du niveau à eau à la base du premier piquet sur la rive et note le niveau de l'eau ; celui-ci garde un des supports au premier piquet ; - Le deuxième opérateur déplace le support 2 au piquet suivant ; - Faire glisser le support le long du piquet pour rechercher le point où l'eau sera au même repère de base que sur le support 1 ; - Une fois le niveau trouvé, faire une encoche sur le piquet juste au niveau de la base du support ; - Le premier opérateur se place ensuite au troisième piquet et exécute l'opération comme précédemment ; le même scénario se répète jusqu'au dernier piquet sur l'autre rive ; - Tendre une ficelle au niveau des encoches des piquets ; en principe les encoches doivent être alignés (C'est la hauteur de la crête de la digue) ; - Nettoyer toute la surface délimitée sur le sol ; puis creuser 20 cm de sol pour racler la terre et ainsi créer une fondation ; - Remplir de gravier le déblai sur une épaisseur de 10 cm environ ; - Disposer les pierres : les moyennes, ensuite les grosses en respectant une pente douce de l'amont vers l'aval ; - Le montage des pierres se fait aux dimensions suivantes : hauteur : est fonction de la profondeur de la ravine (se référer au point 8; largeur : 2 à 3 fois la hauteur de l'amont vers l'aval. Les pierres sont disposées de sorte à avoir une pente douce pour le déversement des eaux de ruissellement. |

Bien vérifier que le niveau de la digue est correct sur toute la longueur pour éviter des passages préférentiels de l'eau et risque accrue de sa destruction.

La diguette filtrante

Les diguettes filtrantes sont de hauteurs modérées (40 à 50cm) avec une largeur en crête de 30cm, un talus amont vertical ou légèrement incliné (3V/1H) et un talus aval de 1V/3H.

L'emprise est implantée sur une largeur égale à 3 fois la hauteur. Cette emprise est légèrement décapée de 15cm pour recevoir un tapis d'éclats de moellons qui fait office de filtre.

1.3.2.7- La fixation de dune

a- La Conception

L'étude de fixation de dune sera réalisée comme suit (cf. tableau 28) :

Tableau 28 : Conception de la fixation de dune

| OUVRAGE | FIXATION DE DUNE |
|--|--|
| DESIGNATION | PROCEDURES/DISPOSITIONS |
| ETUDES | |
| Travaux de terrain et de bureau | <ul style="list-style-type: none"> - Identifier le site et les dunes à fixer ; - Relever au GPS la limite des zones à protéger ; - Pour chaque dune, relever au GPS la limite du sommet et le périmètre en base de la dune ; - Se donner une appréciation de la hauteur de chaque dune ; - Reporter sur un plan Autocad les dunes ainsi relevées de même que les zones à protéger ; - Identifier les sens des vents ; - Proposer un tracé de palissade dont les façades casseront la vitesse des vents connaissant leurs orientations ; - Proposer la hauteur des palissades et le types de végétaux à utiliser ; - Proposer un traitement biologique (espèces, méthode de semis etc...) pour renforcer et pérenniser les palissades ; - Décrire, quantifier et évaluer les traitements à faire. |
| Matériaux | <ul style="list-style-type: none"> - Brindilles, Tiges de mil.... |
| Evaluation du coût | <ul style="list-style-type: none"> - Quantité des travaux ; - Quantité de la main d'œuvre ; - Quantité/qualité du matériel ; - Quantité des matériaux ; - Durée des travaux ; - Amortissement des engins, véhicules et matériel ; - Evaluation du temps d'encadrement par expert ; - Calcul des coûts. |

b- La Réalisation

La réalisation requiert le personnel, le matériel, les matériaux et la procédure d'exécution décrits dans le tableau 29 ci-dessous :

Tableau 29 : Réalisation de la fixation de dune

| OUVRAGE | FIXATION DE DUNE |
|-----------------------------------|--|
| DESIGNATION | PROCEDURES/DISPOSITIONS |
| TRAVAUX | |
| Personnel | - Agent de maîtrise ; - Ouvriers, Manœuvres. |
| Matériel | - Pioches, pelles, charrettes |
| Matériaux | - Brindilles, tiges de mil |
| Description de l'exécution | <ul style="list-style-type: none"> - Définition des limites de l'aménagement ; - Piquetage des lignes de palissade spécifiques ; - Réception des implantations ; - Rectification au besoin des implantations conformément au PV de réception ; - Réalisation des ouvrages. <p>Stabilisation mécanique</p> <ul style="list-style-type: none"> - Choix du matériel végétal (à couper) : tiges de mil/sorgho, Leptadenia p., Euphorbia b., branches d'épineux et le Guiera s, etc ; - Choix de l'orientation des palissades : on les dispose perpendiculairement au sens du vent dominant pour arrêter le sable, ou les orienter de 120 à 140 degrés par rapport au sens du vent pour dévier le sable ; - Choix du type de palissade : une palissade simple qui va être périodiquement rehaussée, ou un quadrillage de palissades en cas de vents secondaires importants ; - Fabrication des palissades : repérer l'emplacement des palissades avec des piquets, de façon à obtenir une protection continue, creuser des tranchées de 25-30 cm au moins, pour enterrer le matériel végétal coupé en forme de haie dans ces tranchées. <p>Stabilisation biologique</p> <ul style="list-style-type: none"> - Choix des espèces ligneux ou herbacées (faible exigence en nutriments, appareil racinaire performant, résistantes aux écarts de température, croissance rapide, résistance aux vents violents, régénération naturelle, amélioration du sol...) : Prosopis juliflora ; Aristida pungens ; Leptadenia pyrotechnica ; Aristida pungens ; Panicum turgidum ; Acacia raddiana, Acacia senegal, Balanites aegyptiaca, Euphorbia balsamifera, Persica Salvadora ; |

| | |
|--|---|
| | <ul style="list-style-type: none"> - Préparation du terrain : généralement, on prépare 1 plant ligneux par hectare et par mm de pluie effective (ex : 300 mm de pluie = 300 plants/ha). On creuse les trous peu de temps avant la plantation, en quinconce ou en carré, en suivant les écartements de 5 m entre les lignes et de 5 m sur une même ligne ; - Plantation : Choisir les plants les plus vigoureux, avec un houppier à plus de 30 cm au-dessus du sol. Bien les arroser avant le transport et les protéger du vent pendant le transport. Planter rapidement, aux heures les moins chaudes de la journée. Deux types de plantation sont possibles : le collet en surface ou le collet en profondeur. Après avoir déposé le plant dans le trou, arroser et reboucher le trou avec du sable humide. Ajouter du sable sec pour éviter l'évaporation de l'eau d'arrosage. - Pour le semis direct : il faut prétraiter les graines (eau bouillante, acide, trempage, ...) ; semer en ligne continue (herbacée) ou en poquet (ligneux), après 50 mm de pluie. |
|--|---|

1.3.2.8- Le Zaï manuel et le Zaï mécanisé

a- La conception

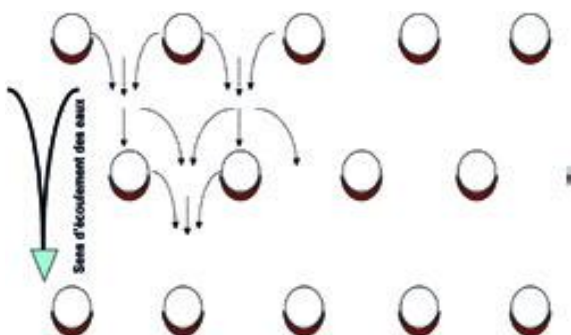
Zaï manuel

Le Zaï manuel est une technique traditionnelle pratiquée dans le Yatenga. Il en existe deux variantes : le Zaï agricole et Zaï forestier.

Sur le plan, les lignes de Zaï sont tracées parallèlement aux courbes de niveau. L'écart entre deux lignes dépend de la spéculation envisagée. Il en est de même de la distance entre deux poquets. Sur deux lignes voisines, les poquets seront creusés en quinconce.

Partant du plan ainsi tracé, l'on peut évaluer le nombre de poquets et le temps de travail pour réaliser un hectare de Zaï (cf. schéma 5).

Schéma 6 : Principe du Zaï



Le calcul du coût des travaux peut être effectué à l'aide du tableau 30 ci-dessous.

Tableau 30 : Exemple d'évaluation des coûts

| | | |
|-------------------------|---------|---------|
| Espacement entre lignes | 0.8 | 0.8 |
| Espacement des poquets | 0.8 | 0.7 |
| Nombre de poquets | 15625 | 17857 |
| Volume (m3) | 115 | 131 |
| HJ (1500 F CFA/J) | 77 | 88 |
| Coût (F CFA) / Ha | 114 990 | 131 417 |

| | | |
|-------------------------|---------|---------|
| Espacement entre lignes | 0.7 | 0.7 |
| Espacement des poquets | 0.8 | 0.7 |
| Nombre de poquets | 17857 | 20408 |
| Volume (m3) | 131 | 150 |
| HJ (1500 F CFA/J) | 88 | 100 |
| Coût (F CFA) / Ha | 131 417 | 150 191 |

| | | |
|-------------------------|---------|---------|
| Espacement entre lignes | 0.7 | 0.6 |
| Espacement des poquets | 0.6 | 0.5 |
| Nombre de poquets | 23810 | 33333 |
| Volume (m3) | 175 | 245 |
| HJ (1500 F CFA/J) | 117 | 164 |
| Coût (F CFA)/ Ha | 175 223 | 245 313 |

Zaï mécanisé

Le Zaï mécanisé est conçu de la même manière que le Zaï manuel. Il consiste à réaliser des sillons cloisonnés à l'aide d'un outil à dent(s) tiré par des animaux. L'un des deux sillons est placé sur une même courbe de niveau et l'autre perpendiculairement à la courbe de niveau. Les trous sont creusés à l'intersection des deux sillons. Les dimensions sont 20 à 40 cm de diamètre et de 10 à 15 cm de profondeur.

Le mode de calcul des coûts est donné au tableau 31.

Tableau 31 : Exemple d'évaluation des coûts

| | | |
|-------------------------------------|----------|----------|
| Espacement entre lignes | 0.80 | 0.80 |
| Espacement des poquets | 0.80 | 0.70 |
| Longueur des lignes | 25000.00 | 26785.71 |
| Temps de labour (H) | 8.33 | 8.93 |
| Nombre de poquets | 15625.00 | 17857.14 |
| Volume (m3) | 114.99 | 131.42 |
| Coût du traçage des sillons (F CFA) | 8 333 | 8 929 |
| Mise au net des poquets (HJ) | 23.00 | 26.28 |
| Cout de la mise au net des poquets | 34 497 | 39 425 |
| Coût total de l'hectare (F CFA) | 42 830 | 48 354 |

| | | |
|-------------------------------------|----------|----------|
| Espacement entre lignes | 0.70 | 0.70 |
| Espacement des poquets | 0.80 | 0.70 |
| Longueur des lignes | 26785.71 | 28571.43 |
| Temps de labour (H) | 8.93 | 9.52 |
| Nombre de poquets | 17 857 | 20 408 |
| Volume (m3) | 131.42 | 150.19 |
| Coût du traçage des sillons (F CFA) | 8 929 | 9 524 |
| Mise au net des poquets (HJ) | 26.28 | 30.04 |
| Cout de la mise au net des poquets | 39 425 | 45 057 |
| Coût total de l'hectare (F CFA) | 48 354 | 54 581 |

| | | |
|-------------------------------------|----------|----------|
| Espacement entre lignes | 0.70 | 0.60 |
| Espacement des poquets | 0.60 | 0.50 |
| Longueur des lignes | 30952.38 | 36666.67 |
| Temps de labour (H) | 10.32 | 12.22 |
| Nombre de poquets | 23809.52 | 33333.33 |
| Volume (m3) | 175.22 | 245.31 |
| Coût du traçage des sillons (F CFA) | 10 317 | 12 222 |
| Mise au net des poquets (HJ) | 35.04 | 49.06 |
| Cout de la mise au net des poquets | 52 567 | 73 594 |
| Coût total de l'hectare (F CFA) | 62 884 | 85 816 |

Pour plus d'efficacité des aménagements du zaï, il faut les associer aux aménagements de cordons pierreux.

b- La Réalisation

La réalisation requiert le personnel, le matériel, les matériaux et la procédure d'exécution décrits dans le tableau 32 ci-dessous :

Tableau 32 : Réalisation du Zaï manuel et mécanisé

| OUVRAGE | ZAI MANUEL ET MECANISE |
|-----------------------------------|--|
| DESIGNATION | PROCEDURES/DISPOSITIONS |
| TRAVAUX | |
| Personnel | <ul style="list-style-type: none"> - Agent de maîtrise - Ouvriers, Manœuvres |
| Matériel | <ul style="list-style-type: none"> - Pioches, pelles |
| Matériaux | |
| Description de l'exécution | <ul style="list-style-type: none"> - Définition des limites de l'aménagement ; - Piquetage des lignes parallèlement aux courbes de niveaux ; - Réception des implantations ; - Rectification au besoin des implantations conformément au PV de réception ; - Réalisation des ouvrages. <p>Le Zaï manuel</p> <ul style="list-style-type: none"> - Creuser des cuvettes de 20-40 cm de diamètre et de 10 à 15 cm de profondeur à l'aide d'une pioche ou d'une daba ; - Respecter les écartements entre les cuvettes de 40 cm soit une densité d'environ 10000 cuvettes à l'hectare ; - Déposer la terre excavée en croissant vers l'aval du creux ; - Disposer les lignes de Zaï perpendiculaires à la plus grande pente du terrain ou suivant les courbes de niveau ; - Apporter de la matière organique d'environ 300 g par cuvettes (une poignée de main d'adulte) avant la période des semis ; - Semer après les premières pluies (20 mm). <p>Le Zaï mécanisé</p> <ul style="list-style-type: none"> - Réaliser un premier passage dans le sens de la pente du terrain. L'écartement entre passage correspond à l'écartement entre poquets. Il est variable d'une culture à l'autre, parfois d'une région à l'autre. L'écartement recommandé est de 40 cm entre poquets sur la même ligne pour une culture de sorgho, maïs ou niébé et 60 cm pour une culture de mil ; - Réaliser un second passage perpendiculaire à la pente, donc qui croise le premier passage. Les écartements entre passage correspondent aux écartements entre lignes de semis. A l'installation de la culture les lignes de semis seront dans le sens des courbes de niveaux ce qui est un facteur de diminution de la vitesse du ruissellement ; |

| | |
|--|--|
| | - Les cuvettes de zaï se situent aux intersections des deux passages de la dent. Pour ce faire, excaver la terre des points d'intersection à l'aide de daba ou de pioche et les déposer en aval de chaque cuvette. |
|--|--|

1.3.2.9- Le système d'irrigation goutte à goutte

a- La Conception

L'étude du système d'irrigation goutte à goutte, outre les données mentionnées plus haut, requiert une connaissance plus approfondie du sol, de la plante et du matériel d'irrigation. Ainsi, les paramètres suivants doivent être disponibles :

- les caractéristiques physiques du sol (capacité au champ, point de flétrissement, vitesse d'infiltration, densité apparente) ;
- les besoins en eau par cycle de la plante (Kc), l'évapotranspiration, la profondeur racinaire de la plante ;
- les caractéristiques du système de goutteurs ;
- la ressource en eau (qualité de l'eau, caractéristiques physique de la ressources, débit, etc...).

Avant de tracer le réseau, il faut calculer le régime d'irrigation qui permet de définir le tour d'eau, le temps d'irrigation et les débits d'irrigation. Un exemple de calcul est donné au tableau 33 ci-dessous.

Tableau 33 : Exemple de calcul du régime d'irrigation goutte à goutte

| HCC | HPm | Psa(kg) | DEP | K(mm/h) | qe (l/h) | de (m) | Hd (h) |
|-----|-----|---------|-----|---------|----------|--------|--------|
| 30% | 15% | 1.25 | 70% | 2 | 0.5 | 0.3 | 8 |

| dl(m) | psi | Eff | ETO (mm) | Kc | Zr (m) | Sni (ha) | |
|-------|-----|-----|------------|-----|--------|----------|--|
| 0.7 | 45% | 90% | 7.77419355 | 1.1 | 0.4 | 1 | |

| | | | |
|----------|-----------------------------|----------|--------------------------------------|
| Hcc= | Capacité au champ | dl(m) | Ecartement entre lignes de goutteurs |
| HPm | Point de flétrissement | psi | Pourcentage de superficie irriguée |
| Psa(kg) | Densité apparente | Eff | Efficiency du réseau |
| DEP | Déficit de la réserve utile | ETO (mm) | Evapotranspiration de référence |
| K (mm/h) | Vitesse d'infiltration | Kc | Coefficient cultural |
| qe (l/h) | Débit du goutteur | Zr (m) | Profondeur racinaire |
| de (m) | Ecartement entre goutteurs | Sni (ha) | Superficie nette irriguée |
| Hd (h) | Durée de l'irrigation | | |

| N° | DESIGNATION | SYMBOLES | FORMULE | VALEURS | UNITES |
|----|--|----------|--|----------|-------------|
| 1 | Diamètre du bulbe humide | db (m) = | $\frac{q_e}{0,785 \times K}$ | 0.32 | m |
| 2 | Débit du goutteur (l/s) | qe | | 0.5 | l/h |
| 3 | Vitesse d'infiltration (mm/h) | K | | 2 | mm/h |
| 4 | Espacement entre ligne | dl | | 0.7 | m |
| 5 | PSI | | | 45% | |
| 6 | Volume de la zone racinaire | VZr | $S_{ni} \times Z_r$ | 5000.00 | m3 |
| 7 | Poids de la zone racinaire | PZr | $VZr \times P_{sa}$ | 6250.00 | t |
| 8 | Volume d'eau disponible à la | VDZr | $PZr \times (HCc - HPm)$ | 937.50 | m3/ha |
| 9 | Profondeur radriculaire effective | Zr | | 0.50 | |
| 10 | % de la superficie sous irrigation | PSI | 45% | 0.45 | |
| 11 | Volume d'eau effectif | Vdef | $VDZr \times D16$ | 426.52 | m3 |
| 12 | Dose net à restituer | DN | $Vdef \times DEP$ | 298.57 | m3 |
| 13 | Evapotranspiration de la culture | Etc | $ETO \times Kc$ | 8.55 | mm/j |
| 14 | Intervalle d'irrigation | Ir | $\frac{\left(\frac{D_N}{E_{tc} \times 10}\right)}{E_{ff}}$ | 3.68 | j |
| 15 | Intervalle d'irrigation ajustée | Ir(aj) | $ENT(Ir)$ | 3.00 | j |
| 16 | Rotation ou Tour d'eau | Rt | $Ir - aj$ | 2.00 | j |
| 17 | Efficacité de l'irrigation | Eff | eff | 0.95 | |
| 18 | Dose brute par irrigation | DB | $\frac{(I_r \times E_{tc} \times 10)}{E_{ff}}$ | 122.86 | m3/ha |
| 19 | Pluviométrie effective du système d'irrigation | Pe | $\frac{q_e}{(d_e \times d_l \times p_{si})}$ | 5.23 | mm/h |
| 20 | Pluviométrie brute par hectare | P | $\frac{q_e}{(d_e \times d_l \times p_{si})} \times 10$ | 52.33 | m3/ha/h |
| 21 | Nombre max de positions par jour | Pj | $\frac{H_d}{H_p}$ | 2.00 | Posit/j |
| 22 | Durée d'irrigation par position | Hp | $\frac{B_D}{P}$ | 2.35 | h/posit |
| 23 | Nombre d'heures d'irrigation par jour | Hj | $Pj \times Hp$ | 4.70 | h/j |
| 24 | Nombre d'heure d'irrigation par rotation | HRT | $Rt \times Hj$ | 9.39 | h/rotatio |
| 25 | Nombre de position par rotation | PRt | $Rt \times Pj$ | 4.00 | Posit/rot |
| 26 | Surface irriguée par position | Slp | $\frac{S_{ni}}{P_{Rt}}$ | 0.250 | ha/position |
| 27 | Dose brute d'arrosage par position | DBp | $Slp \times DB \times psi$ | 13.97 | m3/position |
| 28 | Débit nécessaire | Qr | $\frac{D_{Bp}}{H_p}$ | 5.95 | m3/h |
| 29 | Nombre d'émetteurs par position | Ep | $\frac{Q_r}{q_e}$ | 11904.76 | e/position |
| 30 | Volume d'eau brute par rotation | VBr | $PRt \times DBp$ | 55.90 | m3/rotation |

| | | | | | |
|----|---------------------------|------|----------------------|--------|-------------|
| 31 | Volume d'eau par rotation | VBpl | $\frac{D_{Bp}}{N_p}$ | 111.79 | m3/rotation |
| 32 | Débit spécifique | Qsp | $\frac{D_{Bp}}{H_p}$ | 5.95 | m3/h/ha |
| | | | | 1.65 | l/s/ha |

Connaissant le nombre de rotations et la superficie par position, l'on peut procéder au tracé du réseau d'irrigation en prenant en compte la topographie et en intégrant le réseau de drainage et le réseau de pistes.

Le calcul de dimensionnement des différentes conduites est fait sur la base du débit par position. L'agencement des positions devra permettre d'optimiser les sections des conduites d'irrigation.

Un réservoir pourrait être placé au point haut du champ pour favoriser l'écoulement gravitaire. En amont du réservoir, l'on disposera une tête d'irrigation composée de vannes, manomètres, filtres à sable et/ou à disques, compteur, injecteur d'engrais etc...

Les quantités des travaux seront évaluées et les coûts chiffrés.

b- La Réalisation

La réalisation requiert le personnel, le matériel, les matériaux et la procédure d'exécution décrits dans le tableau 34 ci-dessous :

Tableau 34 : Réalisation de l'irrigation goutte à goutte

| OUVRAGE | GOUTTE A GOUTTE |
|-----------------------------------|--|
| DESIGNATION | PROCEDURES/DISPOSITIONS |
| TRAVAUX | |
| Personnel | <ul style="list-style-type: none"> - Technicien supérieur en hydraulique ; - Agent de maîtrise ; - Plombier ; - Ouvriers, Manœuvres. |
| Matériel | - Pioches, pelles, outils de plomberie |
| Matériaux | |
| Description de l'exécution | <ul style="list-style-type: none"> - Définition des limites de l'aménagement ; - Piquetage des lignes de cordons pierreux spécifiques décrits par l'étude à l'aide de l'appareil topographique ou du GPS selon la précision demandée ; - Réception des implantations ; - Rectification au besoin des implantations conformément au PV de réception, - Réalisation des ouvrages. |

Une réception après vérification du fonctionnement sera faite par le maître d'ouvrage sous la conduite du contrôle.

1.3.2.10- Le traitement de ravines

a- La Conception

L'ouvrage de traitement de ravines est composé d'un ouvrage de digue filtrante et d'un ouvrage de traitement de tête de ravines.

Le traitement de tête de ravine a pour objectif de stabiliser la brèche qui s'érode aux chutes d'eau qui ruisselle. Pour y arriver, il faut concevoir un revêtement en perré des talus pour les stabiliser, mais également créer un bassin de dissipation au plafond de la ravine pour dissiper l'énergie de la chute de l'eau.

L'ensemble des ouvrages seront reportés sur le plan topographique et les plans de détail pour chaque ouvrage seront élaborés.

Un descriptif des ouvrages sera réalisé. Il sera accompagné d'une évaluation du coût des réalisations.

b-La Réalisation

La réalisation requiert le personnel, le matériel, les matériaux et la procédure d'exécution décrits dans le tableau 35 ci-dessous :

Tableau 35 : Réalisation du Traitement des ravines

| OUVRAGE | TRAITEMENT DE RAVINES |
|-----------------------------------|--|
| DESIGNATION | PROCEDURES/DISPOSITIONS |
| TRAVAUX | |
| Personnel | <ul style="list-style-type: none"> - Technicien supérieur en hydraulique ; - Agent de maîtrise ; - Plombier ; - Ouvriers, Manœuvres. |
| Matériel | - Pioches, pelles, marteaux masse, marteaux perré, truelles, camions |
| Matériaux | Moellons, graviers, sable, ciment |
| Description de l'exécution | <p><i>Digue filtrante (voir le tableau de la digue filtrante)</i></p> <p><i>Tête de ravine</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Tailler le talus de la ravine pour obtenir une pente stable de 1H/1V y compris les talus latéraux du cours d'eau sur 10m de part et d'autre ; - Utiliser des moellons de 20 cm à 10 cm de queue ; - Réaliser un perré sur talus en prenant soin de bien bloquer les moellons ; - Etendre le perré sur la berge haute sur une bande de 50 cm ; - Traiter le fond de ravine en réalisant un bassin de dissipation traité de moellons et bloqué en aval par des moellons de 30cm de queue. |

1.3.2.11- Le bouli

a- La Conception

Pour la conception d'un bouli, il faut au préalable réaliser les études suivantes : études géotechniques, topographiques et hydrologiques.

Avec les résultats des levés topographiques, le concepteur peut tracer l'axe optimum du bouli et proposer une côte de calage de la digue. Partant des apports, le volume du bouli est fixé en laissant une partie dudit volume s'écouler en aval au moins 30%. Généralement, la hauteur de déversement est prise égale à 0,5m, permettant de calculer la longueur du déversoir selon la formule : $Q_p = 0.36 * L = (2 * 9.81 * h^3)^{1/2}$. Connaissant les caractéristiques du déversoir, l'on dimensionne le bassin de dissipation.

Il faut également vérifier par calcul la nécessité d'une tranchée d'ancrage pour la prévoir en fonction de la profondeur de l'eau.

Pour le cas spécifique du bouli, le dossier devra être approuvé par les services techniques compétents.

Conformément aux dimensions retenues lors du calcul de dimensionnement, des côtes projets seront rapportées sur le profil en long pour servir de base à la réalisation sur le terrain et à l'évaluation des quantités.

De même, des vues en plans et coupes des ouvrages et parties d'ouvrages seront élaborées. Elles définiront les dispositions constructives, les dimensions et la nature des matériaux de construction.

Pour les ouvrages ne nécessitant que des relevés au GPS, définir les différents types d'ouvrages projetés, élaborer les vues en plans et les coupes définissant clairement les détails de constructives.

b-La Réalisation

La réalisation requiert le personnel, le matériel, les matériaux et la procédure d'exécution décrits dans le tableau 36 ci-dessous :

Tableau 36 : Réalisation du bouli

| OUVRAGE | BOULI |
|-----------------------------------|--|
| DESIGNATION | PROCEDURES/DISPOSITIONS |
| TRAVAUX | |
| Personnel | <ul style="list-style-type: none"> - Technicien supérieur en hydraulique ; - Agent de maîtrise ; - Plombier ; - Ouvriers, Manœuvres. |
| Matériel | <ul style="list-style-type: none"> - Pioches, pelles, marteaux masse, marteaux perré, truelles, camions, camion-citerne, pelle hydraulique, bulldozer |
| Matériaux | Moellons, graviers, sable, ciment |
| Description de l'exécution | <ul style="list-style-type: none"> - Démarches de contractualisation ; - Réunions préparatoires entre le contrôle et l'entreprise sous la présidence du maître d'ouvrage ; - Appropriation du dossier technique par l'entreprise qui au besoin écrit pour poser des questions d'éclaircissements ou émettre des observations et réserves ; - Remise du site à l'entreprise ; - Transmission des Ordres de Service de démarrer. - L'implantation est faite en considérant le plan fourni par l'étude : <ul style="list-style-type: none"> • Redéfinir les limites de l'aménagement ; • Le piquetage des ouvrages spécifiques décrits par l'étude à l'aide de l'appareil topographique • La réception des implantations ; • La rectification des implantations conformément au PV de réception. - Décapage de l'emprise de la digue ; - Déblai de la tranchée à la pelle hydraulique s'il y en a une ; - Décapage de l'emprise de la cuvette à déblayer s'il est prévu un déblai de cuvette ; - Sondage pour identifier l'épaisseur de la couche imperméable pour éviter que le déblai de cuvette ne la crève ; |

| | |
|--|---|
| | <ul style="list-style-type: none"> - Déblai des zones de la cuvette dont le matériau est impropre pour le remblai de la digue ; - Scarification de la cuvette au droit des zones dont le matériau est favorable au remblai de la digue ; - Humidification des zones scarifiées ; - Poussée au bull des matériaux humidifiée- et de teneur en eau apte pour le remblai - dans l'emprise de la digue pour régalaage au bull toujours en couches moyennes de 20 à 25cm ; - Compactage au bull ; - Pour les matériaux de cuvette apte au remblai mais distant de plus de 50m de l'emprise de la digue, le matériau humidifié sera déblayé à la pelle hydraulique qui chargera le camion pour le dépôt sur l'axe de la digue ; - Les largeurs de dépôt seront indiquées par le topographe dans l'objectif de respecter le profil de la digue. |
|--|---|

Après la remise du site à l'entreprise, celle-ci organise une visite privée pour mieux connaître les lieux, rechercher les carrières, faire des prélèvements, identifier et demander des sites d'installation. Les matériaux seront analysés au laboratoire et soumis au contrôle pour approbation.

Elle procède à l'implantation du site et en demande la réception au contrôle. Dès que les implantations sont réceptionnées, pendant que l'entreprise produit le dossier d'exécution, elle procède également à l'installation du chantier en amenant les engins et le matériel et en mettant sur place une base vie.

Si le bon matériau de cuvette est insuffisant pour le volume de la digue, l'entreprise identifiera une autre carrière qui devra être approuvée par le contrôle avant décapage et exploitation.

Pour le déversoir, la zone sera traitée conformément aux plans et les dimensions, côtes et spécification techniques seront strictement respectées.

1.3.2.12- La digue frontale ou digue d'épandage

a- La Conception

La digue frontale remplit les mêmes objectifs que la digue filtrante sauf qu'elle est conçue spécifiquement pour les flancs des collines ou des forts escarpements. Son calcul diffère de la digue filtrante parce que son dimensionnement intègre la formation d'un ressaut au pied de la forte pente ou de la haute chute.

En effet, une fois que le débit centennal Q10 a été évalué, connaissant les caractéristiques de pente, de profondeur et de largeur du ruisseau, l'on en déduit la vitesse en fin de course au pied de la colline :

$V_1 = K_s \times (R_h)^{2/3} \times I^{1/2}$ où K_s est le coefficient de rugosité de Manning, R_h est le rayon hydraulique de l'écoulement et I est la pente de l'écoulement.

S'il se trouve que l'écoulement est une chute libre de hauteur h , alors, $V_1 = (2gh)^{1/2}$.

Le nombre de Froude de l'écoulement s'en déduit :

$$F = V_1 \times (9,81 \gamma_c)^{1/2}; \quad Q_{10} = S_c \times V_1 = L \times Y_c \times V_1; \quad Y_c = \frac{Q_{10}}{(L \times V_1)}$$

V_1 est la vitesse de l'écoulement.

L est la largeur de l'écoulement.

S_c est la section de l'écoulement.

L'on en déduit la profondeur conjuguée

$$Y_2 = Y_1 \times (\text{racine}(1 + 8 \times Fr^2) - 1) / 2$$

La hauteur de calage de la crête est supérieure à Y_2 .

Le point d'impact de la chute ou de l'écoulement torrentiel sera traité avec des moellons de dimensions qui résistent à l'impact de l'eau.

La suite du dimensionnement est identique à celle de la digue filtrante avec un dispositif de protection latérale qui contient les débordements : bassin de dissipation, restitution au cours d'eau

b- La réalisation

La réalisation est identique à celle de la digue filtrante

1.4- LES EXIGENCES SELON LES ECHELLES D'INTERVENTION

Les études sur les plans ne sont pas nécessaires pour les réalisations à l'échelle des parcelles mais sont fortement recommandées à l'échelle du terroir et exigées à l'échelle des bassins versants. Toute étude à l'échelle de bassins versants devra intégrer l'état des lieux des travaux réalisés sur le terroir.

De même, les travaux à l'échelle de la parcelle individuelle, n'exigent pas des implantations en bonne et due forme, mais seront rigoureusement exécutés avec les outils traditionnels tel le niveau à eau et l'équerre pour la détermination des courbes de niveau. Les dispositions traditionnelles de tracé suivant les courbes de niveaux, d'écartements, de dimensions des moellons et de mesures constructives seront respectées.

A ce titre, l'on peut utiliser les normes suivantes pour l'évaluation et l'organisation des travaux à petite échelle (cf. tableau 37) :

Tableau 37 : Normes pour l'évaluation et l'organisation des travaux à petite échelle

| Ouvrages | Unités | HJ |
|--|------------------|-------|
| 1. Le cordon herbacé | ha | 5 |
| 2. RNA agricole | | 40 |
| 3. Haie vives avec des plants issus de pépinière | unité 400 ml | 22 |
| 4. Diguettes anti érosive / cordons pierreux | ha | 96 |
| 5.1. Demi-lune (DL) forestier | ha | 40 |
| 5.2. Digue filtrante / en moellons | unité de 15 m3 | 95 |
| 6. Bassins de collecte des eaux de ruissellement | unité de 15 m3 | 530 |
| 7. Fixation de dunes | ha | 120 |
| 8. Zai agricole | ha | 25 |
| 9. Traitement de ravine en gabions | unité de 45 m3 | 360 |
| 10.1. Aménagement de bouli | Unité de 3000 m3 | 5 035 |
| 10.2. Réhabilitation de bouli | Unité de 3000 m3 | 2 895 |

1.5- RECEPTION DE L'OUVRAGE

A la fin des travaux, l'entreprise demande la réception par lettre au maître d'ouvrage avec ampliation au contrôle. Avant la date convenue, le contrôle et l'entreprise organisent une visite dite de pré-réception au cours de laquelle, les malfaçons sont identifiées avec obligation à l'entreprise d'y remédier avant la réception. Un procès-verbal est dressé pour toutes fins utiles.

A la date de la réception, la commission est conduite par son président conformément à l'organisation du maître d'ouvrage. La visite des ouvrages est conduite par la mission de contrôle qui répond aux questions ou demande des explications à l'entreprise lorsque la question porte sur un sujet spécifique de l'exécution des travaux. Les insuffisances et malfaçons sont notées pour être portées en observations ou remarques ou même en réserves. Après quoi la commission, si elle juge acceptable la qualité des ouvrages, prononce ou ajourne la réception desdits travaux.

Si la réception est ajournée, un délai est donné à l'entreprise pour les reprises et celle-ci devra s'exécuter dans les délais impartis. La commission se réunit une seconde fois pour faire les constats des reprises avant de prononcer la réception.

2. SUIVI-CONTROLE

Comme tous les travaux, la bonne réalisation des ouvrages suppose un suivi-contrôle qui oblige au respect des clauses contractuelles et décèle en temps réel les malfaçons qui pourraient être cachées par les parties visibles de l'ouvrage. Le recrutement du cabinet de suivi-contrôle (consultant) se fait pratiquement au même moment que le recrutement de l'entreprise.

a. Objectifs et résultats attendus du suivi-contrôle

Le suivi-contrôle des travaux d'ouvrages CES-DRS a pour objectif global la réalisation d'ouvrages fonctionnels et durables. Spécifiquement, il a pour objectifs spécifiques :

- la validation du dossier technique de base ;
- le contrôle de la qualité et de la conformité des travaux ;
- le suivi rapproché de la réalisation des travaux.

Les résultats attendus du suivi-contrôle sont :

Résultat n°1 :

Les consultants procéderont à la validation des dossiers d'exécution (y compris les plans d'exécution) des entreprises. Ils s'assureront de la qualité de ces dossiers et qu'aucun élément essentiel à la bonne réalisation du projet n'a été oublié.

Résultat n°2

Ils veilleront au respect des normes techniques et s'assureront que tous les ouvrages sont exécutés dans les règles de l'art. Ils procéderont aux différentes réceptions de chaque phase et donneront un avis favorable avant la poursuite des travaux.

Résultat n°3

Les contrôleurs des travaux devront avoir des connaissances géotechniques leur permettant de pouvoir apprécier la qualité des matériaux de façon visuelle pour les petits ouvrages. En ce qui concerne les grands ouvrages nécessitant des essais géotechniques, l'entreprise prendra des dispositions nécessaires pour effectuer les essais et faire valider par les consultants. Les essais géotechniques seront impérativement réalisés par un laboratoire reconnu au Burkina Faso.

Résultat n°4

Le chef de mission contrôlera avec précision les quantités des travaux exécutés et établira les métrés et attachements qui seront soumis à l'approbation de l'Administration. Il vérifiera les décomptes établis par l'Entreprise et les soumettra à l'approbation de l'Administration. Il veillera à l'établissement des rapports mensuels, trimestriels, circonstanciel et finaux.

Résultat n°5

Après la réception provisoire, les consultants effectueront des missions de surveillance des ouvrages réalisés. Cela permettra d'identifier et suivre les éventuelles dégradations et proposer des solutions pour les réparations par l'entreprise en vue de la réception définitive qui aura lieu une année après la réception provisoire.

b. Description des tâches de suivi-contrôle

Le consultant assurera le suivi-contrôle, la supervision et la surveillance des travaux conformément aux termes du Dossier d'Appel d'Offres.

L'objectif recherché est de s'assurer que les travaux sont réalisés conformément aux cahiers des charges, selon les montants et les délais prévus à cet effet. Le consultant sera responsable vis à vis du maître d'ouvrage de la totalité des tâches de contrôle et de surveillance exécutées par ses agents.

La responsabilité du consultant est engagée au niveau de ses obligations générales et des clauses particulières détaillées ci-dessous. Durant l'exécution des travaux, le consultant étudiera des solutions à même de procurer des économies.

De façon générale, le consultant mobilisera les moyens en personnel et en matériel définis par les clauses particulières des TdR :

- Il assurera un soutien technique et administratif à son personnel en mission (Documentation, personnel du siège en appui, matériel technique, logistique, etc.) ;
- Il assurera la vérification de tous les documents contractuels et la correction des erreurs ;
- Il fournira toutes les indications concernant les bornes et points de référence planimétriques et altimétriques à l'entrepreneur ;
- Il veillera à la qualité des différents travaux et acquisitions dans le cadre de la réalisation des travaux ;
- Il couvrira son personnel contre tous les risques de maladie et accidents de toute nature ;
- Il se tiendra, pendant toute la durée des travaux à l'écart de toute affaire d'ordre politique ou religieux concernant la zone du projet ;

- Il gardera pendant toute la durée des travaux et après son achèvement le secret le plus strict vis-à-vis des tiers sur les informations recueillies à l'occasion de l'exécution des travaux et ;
- Il gardera une indépendance d'action vis-à-vis de l'attributaire des travaux et s'abstiendra de toutes relations avec eux qui seraient de nature à compromettre son objectivité.

Le consultant sera civilement responsable de tout dommage causé à des tiers du fait de tout acte fautif imputable à ses agents à l'occasion de la surveillance et du contrôle des travaux.

Avant les travaux :

Le consultant vérifiera les documents contractuels, le dossier d'exécution et les dossiers des ouvrages établis par l'Entreprise avant le démarrage des travaux et apportera toutes corrections, améliorations et adaptation de détails nécessaires. Il s'assurera de la qualité du dossier d'exécution de l'entreprise

Pendant les travaux :

Les interventions du consultant porteront sur les points suivants :

- vérification des plannings soumis par l'entreprise ;
- surveillance des travaux sur le terrain avec notamment :
 - le contrôle topographique y compris contrôle de l'implantation ;
 - l'assurance de l'observation stricte des instructions de chantier par l'entreprise et la réception de chaque phase de travaux ;
 - la tenue d'un journal de chantier, la tenue d'un cahier de chantier ;
 - la tenue d'une réunion hebdomadaire de chantier avec les représentants de l'entreprise en présence de l'Administration ;
 - L'établissement d'un compte rendu de chaque réunion ;
 - l'établissement des attachements contradictoires avec l'entreprise pour les décomptes mensuels provisoires ;
 - la rédaction des rapports mensuel, trimestriel et circonstanciel ;
 - la participation aux différentes réceptions ;
 - la participation à l'établissement des plans de récolement par l'entreprise ;
 - le contrôle géotechnique.

Le consultant veillera au contrôle et aux réceptions géotechniques. A cet effet, il :

- identifiera avec l'entreprise, les gites d'emprunts de matériaux adaptés tout en optimisant les distances de transports ;
- veillera sur les caractéristiques minimales acceptables des matériaux entrant dans l'exécution des travaux ;
- veillera éventuellement sur la qualité des agrégats ;
- sera garant de la qualité de tous les matériaux nécessaires à l'exécution du projet (aciers, coffrages, panneaux, etc.) ;
- assurera le contrôle administratif et financier.

Le chef de mission contrôlera avec précision les quantités de travaux exécutés et établira les métrés et attachements qui seront soumis à l'approbation de l'Administration. Il vérifiera les décomptes établis par l'entreprise et les soumettra à l'approbation de l'Administration.

Il rédigera les ordres de service qui seront proposés à la signature de l'Administration. Il établira chaque mois un rapport relatant l'avancement des travaux, les mouvements du matériel et du personnel de l'entreprise et du contrôle, les difficultés rencontrées, la situation financière du chantier et du contrôle. Il remplira chaque semaine, une fiche synthétique de projet relative à la situation et à l'avancement des travaux et qu'il transmettra à l'Administration.

c. Profil du personnel chargé du suivi-contrôle

Selon la nature de l'ouvrage ou la spécificité des travaux le profil du personnel de suivi-contrôle sera le suivant:

Tableau 38 : Profil du personnel de suivi-contrôle

| N° | Désignation | Chef de Mission | Personnel d'appui |
|----|-------------------|--|---|
| 1 | Cordons herbacés, | Ingénieur agronome de 5 ans d'expérience professionnelle et 3ans d'expérience spécifique | Technicien supérieur Agronome, Contrôleur (CAP, BEP ou Agent de maîtrise en agronomie) |
| 2 | Cordons pierreux, | Ingénieur agronome de 5ans d'expérience professionnelle et 3ans d'expérience spécifique | Technicien supérieur Agronome, GR ou GC Contrôleur (CAP, BEP ou Agent de maîtrise en agronomie) |
| 3 | Cordons en terre, | Ingénieur agronome de 5ans d'expérience professionnelle et 3ans d'expérience spécifique | Technicien supérieur Agronome, GR ou GC Contrôleur (CAP, BEP ou Agent de maîtrise en agronomie) |
| 4 | Demi-lune | Ingénieur agronome de 5ans d'expérience professionnelle et 3ans d'expérience spécifique | Technicien supérieur agronome Contrôleur (CAP, BEP ou Agent de maîtrise en GC) |
| 5 | Mise en défens | Ingénieur agronome de 5ans d'expérience professionnelle et 3ans d'expérience spécifique | Technicien supérieur agronome Contrôleur (CAP, BEP ou Agent de maîtrise en GC) |
| 6 | RNA | Ingénieur agronome de 5ans d'expérience professionnelle et 3ans d'expérience spécifique | Technicien supérieur agronome Contrôleur (CAP, BEP ou Agent de maîtrise en GC) |
| 7 | Sous-solage | Ingénieur agronome de 5ans d'expérience professionnelle et 3ans d'expérience spécifique | Technicien supérieur agronome Contrôleur (CAP, BEP ou Agent de maîtrise en GC) |
| 8 | BCER | Ingénieur GR ou GC de 5ans d'expérience professionnelle et 3ans d'expérience spécifique | Technicien supérieur GR ou GC Topographe (BAC-BEP) Contrôleur (CAP, BEP ou Agent de maîtrise en GC) |
| 9 | Digue filtrante | Ingénieur GR ou GC de 5ans d'expérience professionnelle et 3ans d'expérience spécifique | Technicien supérieur GR ou GC Topographe (BAC-BEP) Contrôleur (CAP, BEP ou Agent de maîtrise en GC) |

| N° | Désignation | Chef de Mission | Personnel d'appui |
|----|-------------------------|---|---|
| 10 | Diguettes filtrantes | Ingénieur agronome de 5ans d'expérience professionnelle et 3ans d'expérience spécifique | Technicien supérieur agronome Contrôleur (CAP, BEP ou Agent de maîtrise en GC) |
| 11 | Jachère améliorée | Ingénieur agronome de 5ans d'expérience professionnelle et 3ans d'expérience spécifique | Technicien supérieur agronome Contrôleur (CAP, BEP ou Agent de maîtrise en GC) |
| 12 | Fixation de Dunes | Ingénieur agronome de 5ans d'expérience professionnelle et 3ans d'expérience spécifique | Technicien supérieur agronome Contrôleur (CAP, BEP ou Agent de maîtrise en GC) |
| 13 | Zaï | Ingénieur agronome de 5ans d'expérience professionnelle et 3ans d'expérience spécifique | Technicien supérieur agronome Contrôleur (CAP, BEP ou Agent de maîtrise en GC) |
| 14 | Haie vive | Ingénieur agronome de 5ans d'expérience professionnelle et 3ans d'expérience spécifique | Technicien supérieur agronome Contrôleur (CAP, BEP ou Agent de maîtrise en GC) |
| 15 | Tapis herbacé | Ingénieur agronome de 5ans d'expérience professionnelle et 3ans d'expérience spécifique | Technicien supérieur agronome Contrôleur (CAP, BEP ou Agent de maîtrise en GC) |
| 16 | Goutte à goutte | Ingénieur GR de 5ans d'expérience professionnelle et 3ans d'expérience spécifique | Technicien GR ou GC Topographe (BAC-BEP) Contrôleur (CAP, BEP ou Agent de maîtrise en GC) |
| 17 | Traitements de ravines, | Ingénieur GR ou GC de 5ans d'expérience professionnelle et 3ans d'expérience spécifique | Technicien supérieur GR ou GC Topographe (BAC-BEP) Contrôleur (CAP, BEP ou Agent de maîtrise en GC) |
| 18 | Boulis | Ingénieur GR ou GC de 5ans d'expérience professionnelle et 3ans d'expérience spécifique | Technicien supérieur GR ou GC Topographe (BAC-BEP) Contrôleur (CAP, BEP ou Agent de maîtrise en GC) |
| 19 | Digues frontales, | Ingénieur GR ou GC de 5ans d'expérience professionnelle et 3ans d'expérience spécifique | Technicien supérieur GR ou GC Topographe Contrôleur (CAP, BEP ou Agent de maîtrise en GC) |

d. Détermination du coût de la prestation

La détermination du coût de la prestation peut se faire au moyen des tableaux 39 et 40.

- ✓ Diguettes filtrantes, Cordons pierreux, cordons herbacés, cordons en terre, RNA, Haie vive, Tapis herbacé, Fixation de dunes, Jachère améliorée, Zaï, Demi-lune.

Tableau 39 : Détermination du coût de la prestation pour les diguettes filtrantes et cordons pierreux

| N° | Désignation | Unité | Quantité | Prix unitaire en FCFA | Coût en FCFA |
|----|---|-------|----------|-----------------------|--------------|
| 1 | Ingénieur Agronome, chef de mission | HJ/HM | | | |
| 2 | Technicien supérieur Agronome | HJ/HM | | | |
| 3 | contrôleur (CAP, BEP ou Agent de maîtrise en agronomie) | | | | |
| 4 | Véhicule | Mois | | | |
| 5 | Motos | Mois | | | |
| 6 | Frais mensuels de fonctionnement et d'entretien du véhicule | Mois | | | |
| 7 | Frais mensuels de fonctionnement et d'entretien des motos | Mois | | | |
| 8 | Niveau à eau | Mois | | | |
| 9 | Frais d'édition des rapports | U | | | |

- ✓ Dignes filtrantes, Traitements de ravines, Dignes frontales, BCER, Boulis, Goutte à goutte.

Tableau 40 : Détermination du coût de la prestation pour les digues filtrantes et traitements des ravines

| N° | Désignation | Unité | Quantité | Prix unitaire en FCFA | Coût en FCFA |
|----|---|-------|----------|-----------------------|--------------|
| 1 | Ingénieur GR ou GC, chef de mission | HJ/HM | | | |
| 2 | Technicien supérieur GR ou GC | | | | |
| 3 | Topographe (BAC-BEP) | | | | |
| 4 | Contrôleur (CAP, BEP ou Agent de maîtrise) | | | | |
| 5 | Véhicule | Mois | | | |
| 6 | Motos | Mois | | | |
| 7 | Frais mensuels de fonctionnement et d'entretien du véhicule | Mois | | | |
| 8 | Frais mensuels de fonctionnement et d'entretien des motos | Mois | | | |
| 9 | Appareils topo | Mois | | | |
| 10 | Frais d'édition des rapports | U | | | |

e. Livrables

Le consultant est chargé d'établir des rapports mensuels de suivi, des rapports trimestriels, des rapports circonstanciels, un rapport final, le dossier des ouvrages exécutés ou plans de recollement (DOE), et un rapport général confidentiel. Ces rapports seront transmis à l'Administration. Cette dernière se prononcera sur ces rapports dans un délai de 15 jours à partir de leur réception. Il se prononcera dans les 10 jours sur le rapport final et le DOE. Faute d'observations dans ces délais, les rapports sont réputés approuvés. Dans le cas contraire, le consultant disposera de sept (7) jours pour prendre en compte les observations de l'administration et pour produire un nouveau rapport amendé sauf instruction contraire dans la lettre d'observations.

✓ Rapport mensuel

Le rapport mensuel, très synthétique, fait le point sur l'avancement physique et financier des travaux et relate les événements majeurs et les aléas rencontrés pendant le mois. Il donne la programmation des travaux de l'entreprise pour le mois suivant.

Il est adressé à l'Administration en cinq (5) exemplaires après amendement au plus tard le sept (07) du mois qui suit la période concernée.

✓ Rapport trimestriel

Le rapport trimestriel relate l'état d'avancement des chantiers, les mouvements du matériel et du personnel de l'entreprise et du contrôle, les difficultés rencontrées, la situation financière du chantier et du contrôle. Il ne remplace pas le rapport mensuel du dernier trimestre.

Le rapport trimestriel doit parvenir à l'Administration en cinq (5) exemplaires, au plus tard le 15 du mois qui suit la période concernée. Il est accompagné du tableau utilisé pour le rapport financier, qui doit contenir des données détaillées relatives au temps que les experts ont consacré au marché.

✓ Rapport final

En fin de chantier, le Chef de mission établira un rapport final faisant le bilan du déroulement des travaux et du marché de prestations de services du consultant. Ce bilan comportera:

- un rapport final de travaux ;
- une situation des travaux exécutés et des techniques employées ;
- une étude critique sur les problèmes techniques rencontrés en cours d'exécution du chantier ;
- une analyse du coût final des travaux avec une appréciation des dépassements et de leurs causes, le cas échéant ;
 - des appréciations sur d'éventuelles réclamations de l'entreprise ;
 - un reportage photographique de l'exécution des travaux.

a) Rapport de fin de mission:

Ce rapport comporte :

- une analyse du coût final des prestations du consultant, avec une appréciation des dépassements et de leurs causes, le cas échéant ;
 - une situation et une appréciation des prestations exécutées, avec les moyens en personnel et matériel employés ;
 - des suggestions éventuelles visant à améliorer la réalisation et le contrôle de futurs travaux similaires ;
- un reportage photographique de l'exécution des prestations de la Mission de Contrôle.

Ces rapports seront produits en cinq (05) exemplaires à remettre à l'Administration (dont une version électronique). Ils devront parvenir au plus tard un (01) mois après la réception des travaux. Il sera accompagné du tableau utilisé pour le rapport financier.

3. NORMES DE GESTION ET D'ENTRETIEN

3.1- Objectifs généraux de la gestion et de l'entretien

Tout ouvrage réalisé fonctionne et ce fonctionnement induit des dégradations. Il faut par conséquent que les bénéficiaires s'organisent pour la gestion et l'entretien de cet ouvrage.

A l'instar de l'organisation des bénéficiaires de l'ouvrage, un comité spécialisé de gestion devra être mis en place pour suivre la vie de l'ouvrage avec pour objectif général le bon fonctionnement et la durabilité de l'ouvrage. Ce comité organisera les bénéficiaires par groupes pour l'inspection des ouvrages, les constats de dégradations et la réfection de ces dégradations. Il pourra identifier les causes récurrentes pour soumettre des solutions et dispositions préventives.

3.2- Normes de gestion et d'entretien par type d'ouvrage

La gestion et l'entretien des ouvrages sont des facteurs indispensables à l'atteinte des objectifs de l'ouvrage. Pour chaque type d'ouvrage, la démarche et les conditions peuvent différer.

3.2.1- Ouvrages biologiques

3.2.1.1- Le cordon herbacé

La bonne gestion et l'entretien des cordons herbacés consiste à :

- Remplacer les souches d'herbe mortes ;
- Comblers les trous pour que la bande enherbée reste efficace contre l'écoulement de l'eau de pluie ;
- Effectuer des feux précoces pour permettre la régénération des souches ;
- Faucher l'herbe pour permettre la repousse naturelle l'année suivante ;
- Mettre plusieurs bandes enherbées si la pente est forte.

3.2.1.2- La mise en défens

Pour un bon entretien de la mise en défens, il faut :

- surveiller régulièrement le site pendant la période de la mise en défens ;
- assurer une valorisation des PFL et PNFL (pharmacopée, bois mort, fruits...) ;
- poser des panneaux pour bien signaler la zone ;
- mettre en place une structure de gestion communautaire ;
- entretenir la clôture.

3.2.1.3- La RNA

La Régénérescence Naturelle Assistée a besoin d’être entretenue. Aussi faut-il :

- assurer la protection (clôture, grillage) de la parcelle en RNA ;
- repérer, protéger et entretenir les jeunes pousses (semis, rejets de souches, drageons, marcottes etc.) qui apparaissent spontanément sur une parcelle donnée ;
- entretenir ces jeunes sujets d’arbres et d’arbustes le long des diguettes en pierre ou en terre, dans les poquets de zaï et des demi-lunes, etc.

3.2.1.4- La Jachère améliorée

L’entretien consistera surtout à protéger la parcelle contre la divagation des animaux.

3.2.1.5- La Haie vive

Pour un bon entretien de la haie vive, il faut :

- remplacer les arbres morts de la haie ;
- faire des pare feu ;
- effectuer des remplacements des plants morts à temps ;
- effectuer des tailles des parties mortes et des gourmands ;
- fermer les ouvertures ;
- recycler les émondes.

3.2.1.6- Le Tapis herbacé

La mise en jachère se fait pendant au moins trois années : il faut veiller à éloigner les animaux pendant cette période.

3.2.2- Ouvrages Mécaniques

3.2.2.1- Le cordon pierreux

Le cordon pierreux, pour bien l’entretenir, il faut :

- Réparer chaque année les cordons pierreux en remettant les pierres qui ont été déplacées par les animaux à leur place et combler les brèches formées par le passage de l’eau avec des pierres ;
- Bien ancrer les pierres dans le sol, reconstruire entièrement le cordon tous les 10 ans et dans la mesure du possible, associer les cordons pierreux avec de l’Andropogon gayanus.

3.2.2.2- Le cordon en terre

L'entretien des diguettes en terre consiste à :

- reconstituer la couche latéritique ;
- combler les griffes d'érosion ;
- remplacer ou remettre en place les moellons des épis et des exutoires ;
- végétaliser.

3.2.2.3- La Demi-lune manuelle et la demi-lune mécanisée

Pour un bon entretien des demi-lunes, il faut :

- refaire annuellement les bourrelets en terre des demi-lunes agricoles ;
- entretenir annuellement les bourrelets des demi-lunes sylvo-pastorales en augmentant la hauteur en cas de débordement ;
- évacuer les dépôts de terre minérale du ruissellement ;
- rétablir la cuvette ;
- apporter périodiquement de la fumure organique.

3.2.2.4- Le sous-solage

Les actions pour entretenir l'aération du sol sont :

- apporter de la fumure organique ;
- ensemer le lombric (ver de terre) ;
- toute action qui permet de générer la matière organique du sol.

3.2.2.5- Le BCER

Pour une bonne gestion et un bon entretien des BCER, il faut :

- prendre des mesures de précaution pour éviter le risque d'ensablement ;
- évacuer les dépôts sableux à l'entrée des eaux ;
- contrôler et rétablir l'étanchéité ;
- combler les griffes d'érosion sur la diguette ;
- contrôler les différents usages.

3.2.2.6- La digue filtrante et la diguette filtrante

L'entretien de la digue filtrante consiste aux actions suivantes :

- Avant la saison pluvieuse, il faut remettre en place les pierres éventuellement déplacées par les animaux ;
- Pendant la saison des pluies, des brèches peuvent se former et celles-ci doivent être immédiatement réparées. Il en est de même sur les côtés des digues où l'eau peut éroder les berges ;
- La stabilité des digues peut encore être renforcée par une végétalisation active (semis d'herbacées ou plantation d'arbres) ;
- Remplacer ou remettre les moellons déplacés ;
- Contrôler les risques de renards et les réparer ;
- Evacuer et mettre en tas les dépôts de sable et de gravier pour éviter le ramassage anarchique

3.2.2.7- La fixation de dunes

Pour réussir et bien gérer la fixation des dunes, il faut :

- Protéger les dispositifs contre la divagation des animaux jusqu'à ce qu'elles soient résistantes au broutage ;
- Remplacer les plants manquants, éventuellement tailler les arbres ;
- Entretenir le sol : apport de matière organique (fumier, compost, pailles,) ;
- Semer des herbes (ex : *Andropogon gayanus*) ou planter des arbres ;
- Instaurer une bonne gestion des espèces fixées ;
- Remplacer les tiges arrachées ou les arbustes morts.

3.2.2.8- Le Zaï manuel et le Zaï mécanisé

Les actions suivantes favorisent une bonne gestion et un bon entretien du zaï :

- Les bourrelets doivent être perpendiculaires à la pente ;
- Disposer de la fumure organique en quantité et en qualité ;
- Remettre en état le poquet ;
- Remettre en état le cordon de terre en aval ;
- Apporter périodiquement de la fumure organique.

3.2.2.9- Le système d'irrigation goutte à goutte

La gestion du système d'irrigation goutte à goutte est relativement complexe. Pour réussir, il faut connaître :

- les caractéristiques du sol (capacité au champ, point de flétrissement, vitesse d'infiltration, densité apparente) ;
- les besoins en eau par cycle de la plante (K_c), l'évapotranspiration, la profondeur racinaire de la plante ;
- les caractéristiques du système de goutteurs ;
- calculer par période la dose d'eau pour ne pas épuiser la réserve d'eau du sol ou saturer le sol avec pour conséquence la perte des fertilisants.

L'entretien du système d'irrigation goutte à goutte consiste à :

- Surveiller quotidiennement le fonctionnement des goutteurs ;
- Nettoyer périodiquement le système avec des produits chimiques tels que le chlore ou l'acide sulfurique ;
- Nettoyer régulièrement les filtres ;
- Remplacer/réparer les lignes de goutteurs défectueux ;
- Nettoyer en début de campagne les lignes de goutteurs par une solution acide ;
- Contrôler périodiquement l'acidité du sol.

3.2.2.10- Le traitement de ravines

Pour un bon entretien des traitements des ravines, il faut :

- Végétaliser les ravines après traitement ;
- Remettre en place les pierres éventuellement déplacées par les animaux avant la saison pluvieuse ;
- Réparer immédiatement des brèches pendant les pluies ;
- Remplacer ou remettre les moellons déplacés ;
- Contrôler les risques de renards et les réparer ;
- Evacuer et mettre en tas les dépôts de sable et de gravier pour éviter le ramassage anarchique.

3.2.2.11- Le Bouli

La gestion et l'entretien du bouli consistent à :

- Evacuer les dépôts sableux à l'entrée des eaux ;
- Remettre en place les enrochements déplacés ;
- Réparer les maçonneries détruites ;
- Comblir les griffes d'érosion sur la diguette ;
- Curer le fond de cuvette en période de basse eau sans entamer l'horizon étanche ;
- Veiller à dimensionner les superficies d'exploitation en fonction de l'eau disponible.

3.2.2.12- La digue frontale

Pour un bon entretien d'une digue frontale :

- Avant la saison pluvieuse, il faut remettre en place les pierres éventuellement déplacées par les animaux ;
- Pendant les pluies, des brèches peuvent se former et celles-ci doivent être immédiatement réparées. Il en est de même sur les côtés des digues où l'eau peut éroder les berges ;
- La stabilité des digues peut encore être renforcée par une végétalisation active (semis d'herbacées ou plantation d'arbres) ;
- Remplacer ou remettre les moellons déplacés ;
- Contrôler les risques de renards et les réparer ;
- Evacuer et mettre en tas les dépôts de sable et de gravier pour éviter le ramassage anarchique.

Pour l'ensemble des tous ces ouvrages, le coût d'entretien est évalué en moyenne à 10% du coût de réalisation par an

3.3- Organisation professionnelle

Pour la gestion et l'entretien des ouvrages CES-DRS, un comité de gestion sera formé. Dans ce comité, une cellule d'entretien et de formation sera désignée avec pour rôle de sensibiliser les bénéficiaires aux pathologies des ouvrages et à la nécessité de l'entretien périodique. Pour qu'il puisse jouer efficacement son rôle, il doit bénéficier d'un renforcement de capacités assuré par la DGADI ou toute organisation compétente habilitée. Ce renforcement de capacités doit être en lien direct avec les travaux d'entretien courants : maçonnerie, déblais, remblais, plantation d'arbres, etc.

CONCLUSION

Le présent document propose des dispositions techniques pour les études, l'exécution et le contrôle des travaux de CES-DRS. Il ne prétend nullement être exhaustif et canaliser les nécessités spécifiques de conception et d'exécution de chaque site. Chaque site a ses spécificités et la créativité du concepteur et des techniciens en charge des travaux est essentielle au succès et à la fonctionnalité des aménagements à mettre en place.

Loin d'être un compendium de la CES/DRS, ce document a l'avantage de donner des indications claires sur la conception, la réalisation, le suivi-contrôle, la gestion et l'entretien des ouvrages de CES/DRS. Si les normes sus-évoquées sont respectées, alors des conditions favorables seront créées pour que les techniques et technologies de CES/DRS produisent le maximum de leurs effets et contribuent mieux à l'accroissement de la productivité du secteur agro-sylvo-pastoral, halieutique et faunique au Burkina Faso.

Ces normes, pour être utiles, ont besoin d'être portées à la connaissance des acteurs chargés de la conception, la réalisation, le suivi-contrôle, la gestion et l'entretien des ouvrages de CES/DRS, à travers des actions de renforcement des capacités. Pour cela, le Ministère de l'Agriculture, des Ressources Animales et Halieutiques devra en faire une préoccupation majeure.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Dr KAMBIRE Fabèkourè Cédric, M. Barro Nessim Bemissa, M. Legay Christian, 2020 : Fiches techniques PEAEP (CNRST), 69pages

GIZ, 2012 : Bonnes pratiques de CES/DRS. Contribution à l'adaptation au changement climatique et à la résilience des producteurs (GIZ) 60pages

JCJ VLAAR, 1992 : Les techniques de conservation des eaux et des sols dans les pays du Sahel (CIEH), 121pages

Moumini Savadogo, Jacques Somda, Oumarou Seynou, Sylvain Zabré, Aimé J. Nianogo, 2011 : Catalogue des bonnes pratiques d'adaptation aux risques climatiques au Burkina Faso (UICN Burkina Faso) 62pages

Union Européenne, Programme de Renforcement des capacités des OSC, Secrétariat Permanent des Organisations Non gouvernemental 2012 : Fiches techniques des bonnes pratiques en matière de gestion durable des terres, d'adaptation aux changements climatiques et de conservation de la diversité biologique dans les régions du Plateau Central, du Centre Nord, du Nord et du Sahel 113 pages