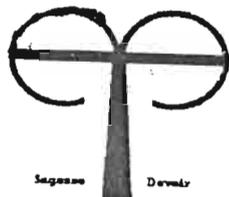


UNIVERSITÉ CHEIKH ANTA DIOP  
ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE THIES  
DÉPARTEMENT GÉNIE CIVIL



GC.588

## PROJET DE FIN D'ÉTUDE

Pour l'obtention de diplôme d'ingénieur de conception

**SUJET : Étude préliminaire topographique à l'implantation de  
digues dans le bas- fond Mbambara Chérif–Sangal Oualof**

|                   |              |              |
|-------------------|--------------|--------------|
| Auteur            | : Baba       | BA           |
| Directeur interne | : M. Babacar | NDIAYE ESP   |
| Directeur externe | : M. Olivier | Planchon IRD |
| Examineur         | : M. Cheikh  | DIOP ESP     |

Thiès le 30/6/99

À cette créature exceptionnelle,  
symbole de générosité et de bonté :  
mon grand-père Baba TOURE,  
que la terre de Saint-Louis lui soit légère,  
Amin.

À mes parents pour leur soutien constant,

À mes frères et sœurs,

À tous mes amis (es).

Baba BA

## Remerciements

Au terme de ce projet de fin d'étude très instructif, je tiens à remercier :

- M. Babacar NDIAYE : professeur à l'ESP et directeur de mon stage pour sa disponibilité et ses conseils.
- M. Olivier Planchon, chercheur à l'IRD pour son exigence pour le travail bien fait et sa constante disponibilité.
- M. Cheikh Diop, professeur à l'ESP pour sa disponibilité.
- M. Kokou ABOTSI, technicien à l'IRD, pour avoir constamment travaillé avec moi sur le terrain comme au bureau.
- M. Justin BILL, aménageur à la Caritas pour les services rendus.

Ma profonde gratitude et ma reconnaissance vont à l'endroit de tous ceux qui, par leur concours technique ou moral, ont œuvré pour assurer un grand succès au projet. Nous en citerons les chefs de village, les aides : Ndiaye, Moussa, TRAORE et Pape SALL.

## SOMMAIRE

|  |                |
|--|----------------|
| <b>INTRODUCTION .....</b>                                | <b>1...2</b>   |
| <b>PARTIE 1 DESIGN DU PROJET .....</b>                   | <b>3...19</b>  |
| I. FORMULATION DU PROBLÈME.....                          | 4...9          |
| Analyse des besoins.....                                 | 4...5          |
| Données du milieu.....                                   | 5...8          |
| Objectifs des villageois.....                            | 8...9          |
| II. RECHERCHE DE SOLUTIONS.....                          | 10...12        |
| Ouvrages de stockage des crues.....                      | 10             |
| Ouvrages d'épandage des crues.....                       | 11             |
| III. ÉTUDE PRÉLIMINAIRE .....                            | 13...18        |
| Succession de digues filtrantes.....                     | 13...15        |
| Combinaison digues filtrantes – mares artificielles..... | 15...16        |
| Digues déversante.....                                   | 16...17        |
| Les cultures.....  | 17...18        |
| <b>PARTIE II. ÉTUDE TOPOGRAPHIQUE.....</b>               | <b>19...37</b> |
| I. LE MNT.....   | 20...22        |
| II. EXPLOITATION DU MNT.....                             | 23...37        |
| Simulation de surface et de volume de retenue.....       | 24...32        |
| Proposition de scénario d'aménagement .....              | 33...36        |
| Positions des transects piézométriques.....              | 36...37        |
| <b>CONCLUSION.....</b>                                   | <b>38...39</b> |

## RÉSUMÉ

Pour appuyer les villageois de Mbambara Chérif et de Sangal Oualof dans leurs luttes contre la sécheresse, le problème a été scindé en deux parties distinctes.

Dans la première partie, la demande est analysée et comprise. Le milieu est étudié et les besoins sont bien identifiés. Une fois ce travail fait, les objectifs suivants ont été déterminés :

- sécuriser et améliorer les productions animales,
- sécuriser l'approvisionnement en eau tout au long de l'année,
- sécuriser et augmenter la production agricole.

Parmi tous les ouvrages recensés les solutions qui consistent à mettre en place des digues filtrantes, une digue déversante ou la combinaison digues filtrantes- mares artificielles sont supposées être les ouvrages adaptés à la situation. L'étude des cultures favorables à la situation est aussi faite.

La deuxième partie traite du MNT et de son exploitation. Les propositions suivantes sont faites en fin de compte :

- implanter trois digues filtrantes aux endroits précisés dans la carte 3 et dans les tableaux 7, 8, 9.
- Placer une digue déversante à l'endroit précisé sur la carte 4. Les coordonnées de la section figurent dans le tableau 9.
- implanter des transects piézométriques en endroits dans les tableaux 13, 14 et 15.

## INTRODUCTION

Depuis la sécheresse de 1973, la pluviométrie a fortement baissé oscillant autour d'un cumul de 300 à 500 mm de pluie par an. La persistance et l'ampleur de la sécheresse ont asséché toutes les vallées de la zone située à l'Ouest et au Sud de la ville de Thiés où interviennent déjà diverses ONG et du même coup abaissent considérablement la nappe phréatique. A cet effet, beaucoup de puits villageois qui captent les nappes du quaternaire dans bien des cas se sont asséchés. En plus des puits, on note quelques vallées ou bas-fonds qui constituent des terres fertiles d'accueil pour les activités agricoles de contre saison, où les villageois riverains pratiquent l'arboriculture et le maraîchage. Malheureusement ces vallées sont devenues des vallées asséchées. Il n'y a plus d'eau qui y séjourne, même temporairement. Les maraîchers qui y travaillent sont obligés de creuser des « cèanes » profonds de 4 à 7 mètres pour trouver de l'eau et arroser les plantes. « document Caritas (1997) »

Pour répondre à ces contraintes et préserver un certain équilibre du système agraire, les sociétés rurales modifient leur organisation. Un des éléments de cette transformation réside dans l'utilisation progressive des terres de bas-fonds : grands axes de drainage des eaux. Les eaux de ruissellement s'y écoulent, les nappes phréatiques s'y concentrent : ce sont des zones temporairement inondées. Avec l'aide des états et organismes, les paysans se regroupent en coopérative pour tirer le maximum de profit de leur maigre ressource disponible. C'est dans cette mouvance que les villageois de Mbambara Chérif et de Sangane Oualof appuyés par la Caritas Diocésaine de Thiés se proposent d'aménager leur bas-fond commun.

L'aménagement de ce bas-fond est un processus d'artificialisation qui doit répondre aux objectifs fixés par les villageois.

Également le choix des techniques est fonction des objectifs à atteindre avec une utilisation optimale de matériaux disponibles dans la région de Thiés.

Une conception de l'ouvrage type devra se faire à travers des étapes et phases mais en réalité ces dernières ne se succèdent pas obligatoirement chronologiquement. Un va et vient constant s'opère de l'une à l'autre. La progression vers l'identification finale de la technique à mettre en œuvre, de son emplacement, met en jeu une approche par hypothèses et vérifications qui permet la décision.

Ce présent rapport présente deux parties : le design du projet et le modèle numérique du terrain(MNT).

Le design du projet consiste à travers des enquêtes menées sur le terrain d'analyser les besoins des villageois pour se fixer des objectifs. Une fois que le problème est bien formulé, la recherche de solutions suit en recensant d'abord tous les ouvrages d'aménagement et les cultures qui peuvent entrer en compte dans l'étude.

La deuxième partie présente d'abord l'élaboration du MNT ensuite à partir des simulations de surface et volume de retenue exploite le modèle pour restituer des scénarios d'aménagement optimaux combinant type d'ouvrage et cultures praticables.

Des propositions pour l'implantation de transects piézométriques sont également faites.

## **PARTIE I : DESIGN DU PROJET**

Il s'agit de :

- Formuler le problème,
- Rechercher des solutions,
- Faire une étude préliminaire des solutions retenues et des cultures praticables.

## I : FORMULATION DU PROBLÈME

La formulation du problème permet :

- d'analyser les besoins des villageois,
- d'inventorier les données relatives à l'aménagement,
- de déterminer des objectifs.

### Analyse des besoins

La demande de l'aménagement du bas-fond de Mbambara Chérif Sangal Oualof s'organise autour d'un réseau actif composé des villageois et d'un partenaire : la Caritas. Elle entre dans le second plan d'action quadriennal de la Caritas qui, tout en renforçant les acquis du premier plan triennal, vise à soutenir et accompagner les populations locales défavorisées ou démunies dans leurs initiatives et efforts réels pour l'amélioration de leurs conditions de vie.

Cette étape décrit la situation actuelle en citant d'abord des catégories de défauts ou de lacunes observées pour ensuite définir un à un les défauts ou lacunes rapportant à chaque catégorie. Ce travail est fait dans un tableau que l'on appelle tableau des aspects négatifs de la situation actuelle.

| CATEGORIES DE DEFAUTS OU DE LACUNES | DEFAUTS OU LACUNES OBSERVES  |
|-------------------------------------|--|
| - Manque d'eau de consommation      | - Baisse de la nappe phréatique,<br><br>- Le forage est équipé d'une éolienne souvent en panne,<br><br>- Baisse de la production animale,<br><br>- Faible hauteur d'eau dans le puits, |

|   |   |
|---|---|
|   | - Temps de séjour de l'eau de ruissellement.  |
| - Manque d'eau pour l'agriculture             | - Mauvaise production des arbres fruitiers,<br>- Faible taux de maraîchage,<br>- Baisse de la diversification culturelle,<br>- Manque de bois de chauffe. |
| - Manque de moyens pour exploiter le bas fond | - Revenu faible des familles,<br>- Accélération de l'exode rurale   |

Tableau 1 : aspects négatifs de la situation actuelle

### **Les données du milieu**

Les informations relatives aux données du milieu sont tirées des enquêtes faites par les animateurs de la Caritas.

### ***Les caractéristiques physiques***

Les villages de Mbambara Chérif et de Sangane Oualof sont situés dans le département de Thiés, arrondissement de Notto Jobass, communauté rurale de Notto Jobass et respectivement à 24 km et 25 km au Sud-Est de Thiés. La végétation est clair semée composée de kaad, baobabs, anacardiens, néré kinkéliba.

Des pistes sableuses relient les villages aux autres localités.

### ***Les données démographiques***

La population de Mbambara Chérif est composée de 355 habitants dont 102 femmes et 253 hommes.

Le taux d'exode est très élevé.

A Sangane, la population est estimée à 273 habitants dont 93 femmes et 180 hommes. Un fort taux d'exode y est également noté chez les jeunes qui sont attirés par Thiés, Mbour Saint-Louis, Kaolack, et Dakar. Les ethnies sont : sérères, wolof, alpulaar sarakhoulé.

Ces informations sont tirées des enquêtes faites les animateurs de la Caritas.

## ***Organisation sociale***

### **Mbambara Chérif**

L'existence de ce village remonte aux années 1800 avec Malick SENE comme premier Laman et Bandanka Thiébbé FOBA exploitant les terres.

En 1904, Birama SANKHARE s'installe comme chef de village sous l'autorité religieuse du Khalife de Ndiassane. En 1914, les terres sont sous le contrôle de Idrissa Dabo commerçant.

En 1934, Toumany SANKHARE est nommé deuxième chef de village. En 1940, Dierry SANKHARE s'installe comme troisième Chef de village.

En 1960, c'est l'avènement de Fama SANKHARE comme quatrième Chef de village.

Cheikhou DIOP, depuis 1970 est l'homme fort du village.

La population s'organise autour des associations sportives et culturelles A.S.C., G.I.E.(groupement d'intérêt économique) et G.P.F. (groupement de promotion féminine).

L'éducation est assurée par deux classes de l'école française et une école coranique. La population est musulmane dans sa grande majorité : tidjanes, maurides, khadres.

### **Sangane oualof**

L'existence de Sangane Oualof remonte de 1890 avec implantation de Mangane DIOP.

Aujourd'hui Chérif GNING assure la fonction de chef de village.

La population s'organise autour de groupements d'intérêt économique avec des cotisations de 1000 francs pour les hommes et 500 francs pour les femmes.

Les enfants fréquentent l'école française de Mbambara Chérif et une école coranique.

## ***Système de production***

### **Mbambara**

Toute la population est agriculteur avec des éleveurs du petit bétail et des paysans. Nous pouvons également compter 6 maçons, 4 menuisiers, 9 tailleurs, 3 mécaniciens et 3 fonctionnaires.

D'après les deux chefs de village avec qui nous avons eu à discuter du problème, les parcelles seront redistribuées après l'aménagement afin que tout un chacun puisse en disposer. En plus chaque village projette mettre sur pied une coopérative agricole. Cet état d'esprit que nous avons du reste apprécié apporterait des solutions au problème foncier.

Il est bon de souligner que les gens sont devenus attentifs à la qualité de leur environnement ; il est souhaitable que les solutions tiennent compte de cette préoccupation d'autant plus que le bas-fond n'est qu'une portion de la grande zone inondable passant vers les villages Ngoméne, Keur Kang , Ndioufène, Keur Wade Guéye , Ndodiéne....

Il est nécessaire de prévoir la réaction des villages voisins devant la nouvelle situation de leur environnement. Est - ce qu'ils vont œuvrer dans ce sens en aménageant eux également la zone qui leur appartient ?

Face à tous ces éléments d'appréciation, le choix de la solution finale nécessite une demande d'analyse et de réflexion afin de déterminer la technique d'aménagement qui convient mieux aux utilisations souhaitées par les villageois, au site choisi mais aussi aux disponibilités en matériaux et en main d'œuvre.

### Objectifs des villageois

Il s'agit de relier clairement les besoins qui sont exprimés par les deux villages qui font la demande aux contraintes propres du milieu considéré, ensuite de déterminer de concert avec les villageois les objectifs à atteindre. Il s'agit de :

- sécuriser et améliorer les productions animales,
- sécuriser l'approvisionnement en eau tout au long de l'année,
- sécuriser et augmenter la production agricole.

La production agricole ne peut être sécurisée et augmentée que lorsqu'une combinaison optimale est faite entre le type d'ouvrage, les cultures et les réalités du terrain.

Le choix des cultures est fonction des besoins alimentaires et des possibilités de commercialisation d'une part, des potentialités du bas-fond d'autre part (topographie, pédologie, climat ...).

Les principales productions sont généralement :

- la riziculture pluviale,
- les cultures maraîchères,
- les racines et tubercules (patates douces, igname, manioc...),
- l'arboriculture fruitière (manguiers, bananiers, goyaviers, papayers, agrumes,...)

Le domaine soudano - sahélien est le lieu de systèmes d'élevage très diversifiés. Pasteurs, agro-pasteurs et agriculteurs s'y côtoient et leurs objectifs d'aménagement du territoire différent. L'utilisation principale des bas-fonds pour l'élevage est l'approvisionnement en eau du bétail.

En somme, l'aménagement doit être conçu pour répondre à des besoins sur la base d'objectifs bien identifiés et hiérarchisés. La technique d'implantation des ouvrages et leurs technologies prennent alors toute leur importance.

## II. RECHERCHE DE SOLUTIONS

Une fois réalisées les études du milieu et du site, il faut ensuite choisir le type d'aménagement qu'on souhaite réaliser. Ce choix nécessite une démarche d'analyse et de réflexion afin de déterminer la technique d'implantation des ouvrages qui convient le mieux aux utilisations souhaitées par les villageois, au site choisi mais aussi aux disponibilités en matériaux et en main-d'œuvre qui conditionnent la réalisation de l'ouvrage.

Pour aménager un bas-fond, deux grands types d'ouvrage sont généralement utilisés. Ce sont les ouvrages de stockage des crues et les ouvrages d'épandage des crues.

### **Les ouvrages de stockage des crues :**

Ces ouvrages servent à capitaliser l'eau qui s'écoule pour mieux l'employer. Le stockage peut être durable ou temporaire.

*Les petits barrages* : ils ont vocation de créer des retenues d'eau pérennes ou temporaires.

Ces stocks d'eau sont destinés :

- à la production agricole pour l'irrigation en contre saison, l'irrigation d'appoint ou par la submersion des parcelles cultivables ;
- à l'approvisionnement en eau du bétail ;
- à l'approvisionnement en eau des villageois ;

*Les mares artificielles* : ces mares de dimensions réduites sont creusées dans les bas-fonds à sol profond et colmaté. Améliorées par des techniques simples, elles permettent :

- l'arrosage de petits jardins en contre saison,
- l'approvisionnement en eau du bétail sédentaire ;

Rarement pérennes, ces points d'eau peuvent persister assez longtemps en saison sèche. Le principe consiste à capter l'eau d'un marigot dans une dépression artificielle.

## **Les ouvrages d'épandage des crues**

Ces ouvrages servent à maîtriser l'eau et les sols sur les terres cultivables. Ils répandent la crue sur la plus grande superficie cultivable afin de permettre une bonne infiltration, la submersion des terres rizicultivables, l'arrêt de l'érosion et la reconstitution des sols. Nous avons :

*Les micro-barrages digues déversantes* : leur vocation principale est la riziculture inondée sans maîtrise de l'eau ou en submersion semi-contrôlée avec système de régulation du plan d'eau. Les bas-fonds larges et plats à sols argilo-limoneux sont particulièrement favorables à ce type d'ouvrage et à la mise en valeur agricole.

*Les micro-barrages digues filtrantes* : ces diguettes permettent la reconstitution des terres cultivables dans les bas-fonds à pente longitudinale moyenne (moins de 3%). Leur rôle antiérosif est important. La retenue d'eau dure quelques heures après le passage de la crue, ce qui permet la culture de céréales pluviales : sorgho, maïs, riz...

*Les micro-barrages à fonctionnement mixte* : ce sont des digues filtrantes partiellement colmatées « en pied ». Elles permettent de cumuler les avantages des deux types précédemment cités pour :

- pratiquer la riziculture en submersion dans la partie centrale du bas-fond,
- cultiver des céréales pluviales sur le pourtour.

Selon la position de la parcelle dans le bas-fond, l'eau retenue persiste de quelques heures à quelques jours après le passage de la crue.

La relation objectifs- moyens, met nettement en évidence que la solution du problème devra se trouver au niveau des ouvrages d'épandage des crues. Aussi le choix du type d'ouvrage et de son emplacement ne se fera qu'après une étude topographique préliminaire détaillée et un vaste processus de communication interne et/ou externe entre les différents intervenants du milieu.

Ces intervenants sont le commanditaire, les bénéficiaires et le maître d'ouvrage.

Vu les forces et les faiblesses de chacune des solutions citées, les trois solutions ci-dessous sont retenues pour une étude préliminaire.

**1 - Dignes filtrantes + mares artificielles,**

**2 - Dignes filtrantes déversantes,**

**3 - Dignes déversantes en gabions**

### III. Étude préliminaire

Dans cette sous- partie les ouvrages cités précédemment et les types de cultures favorables sont présentés.

#### **Présentation des trois solutions retenues**

##### *Aménagement par une succession de digues filtrantes*

##### \*Présentation technique

Les digues filtrantes sont de petits barrages constitués de pierres libres. L'eau peut librement couler à travers l'ouvrage, d'où leur comportement filtrant. Leur profil est plus ou moins triangulaire avec une pente plus faible en aval qu'en amont. La crête est en principe horizontale.

Il s'agit d'une succession de digues dans le même bas-fond. Le comportement filtrant et l'implantation sur des passages d'eau intermittents des digues filtrantes définissent leur fonctionnement. L'écoulement de l'eau ruisselant après une pluie, est ralenti par l'ouvrage, entraînant l'étalement de l'eau sur des surfaces en amont de la digue, bien qu'entre temps la qualité filtrante de la digue garantisse la décharge lente de l'eau retenue.

Ainsi la superficie des terrains inondés en amont des digues est plus importante qu'avant la construction de l'ouvrage. De même la période d'inondation est plus longue. En dehors de cette action qui favorise l'infiltration des eaux d'écoulement, le ralentissement de l'eau entraîne le dépôt d'une partie des matières organiques et minérales emportées par l'eau en amont de la digue. Les digues filtrantes ont donc deux effets bénéfiques sur la culture :

- Une infiltration plus longue sur une superficie plus importante,
- Un dépôt des matières organiques et minérales, d'où la création d'une terrasse cultivable, et une fertilisation des sols à l'amont des digues.

L'écartement des diguettes varie avec la pente (P) du bas-fond.

Le CIEH « Comité Interafricain d'Etudes Hydrauliques » dans le bulletin de liaison n°18 de Septembre 1974 proposent ces formules pour des zones cultivées à faible pente.

- Pour  $P < 0.3\%$              $E = 50 \text{ m}$

- Pour  $0.3\% < P < 1\%$      $E = 0.15/P$              $\Delta H = 0.15 \text{ m}$  ;  $\Delta H$  :dénivelée entre deux digues consécutives.

- Pour  $1\% < P < 1.5\%$      $E = 0.20/P$              $\Delta H = 0.20 \text{ m}$

- **Profil de la digue**

La stabilité d'une digue filtrante doit être assurée sur trois plans :

- La stabilité du massif d'enrochement : l'équilibre de l'ensemble résulte de trois forces que sont la poussée de la partie amont du massif, la butée du talus aval et la force de poussée de l'eau et des sédiments à l'amont.

- La stabilité des fondations : la zone de contact massif de pierres-fondations doit être bien arasée.

- Les tassements : les tassements sont dus aux poids de l'ouvrage et aux déformations de la digue sous l'effet de la poussée de l'eau et des terres ou à cause de déversements et de passage d'eau.

Après divers essais plus ou moins concluants, il semble que la forme idéale de la digue filtrante corresponde aux dimensions suivantes :

H : hauteur = 40 cm

Largeur en crête : 0.5 à 1 m pour les digues en pierres libres,

1 m pour les digues en gabions et enrochement

1.65H pour l'utilisation de pierres légères

pente amont : 1/1

pente aval : 1/2

Les vergers contiennent des manguiers en moyenne 14 pieds par famille. Ils produisent en moyenne du mil sur 2 ha/ famille, de l'arachide sur 0.33 ha/famille, sorgho sur 0.25ha/famille, et du « niébé » sur 0.5 ha/ famille.

Chaque famille a en moyenne 4 moutons, 4 chèvres, 1 cheval et 2 ânes.

### Sangane

Ici aussi toute la population est agriculteurs même si on rencontre également des maçons (6), des menuisiers (4), un mécanicien et une famille forgeron.

Avec la sécheresse, les champs collectifs sont abandonnés et dans les vergers, on y retrouve des manguiers et des anacardiens.

Chaque famille cultive sur (4 ha) du mil, sur (0.75 ha ) du « niébé » sur (0.5 ha ) des pastèques . Chaque famille a également 100 pieds de mangues, 4 moutons, 3 chèvres, 1 âne, 1 cheval, et 3 poules.

### ***Données hydrauliques***

Mbambara dispose d'un forage équipé d'une éolienne qui tombe souvent en panne. En plus il n'existe pas d'adduction. Le village dispose également de deux puits.

Sangane Oualof possède quatre puits dont deux sont taris et les autres ont une hauteur d'eau qui varie entre 1.5m et 0.4 m.

### ***Le problème foncier***

En ce qui concerne l'affectation des terres, elle est réglée par la loi du 17 Juin 1964 avec un accord à obtenir au niveau de la communauté rurale. A ce jour il n'existe pas un droit de propriété privée dans le bas-fond. Une délibération de la communauté rurale donnera un droit d'usage de durée indéterminée sur la terre sauf désaffectation due à l'insuffisance de mise en valeur, de cessation de l'exploitation ou de motif d'intérêt général.

## **Evolution du fonctionnement d'une digue filtrante dans le temps**

Une digue filtrante évolue dans le temps en relation avec la dynamique de la sédimentation à l'amont.

- Durant les premières années de son fonctionnement, l'épaisseur des sédiments est faible et ils se localisent surtout dans la partie centrale du bas fond. L'eau de crue traverse le corps perméable du micro-barrage.

- Progressivement la cuvette se comble et la hauteur de filtration de la digue donc les débits évacués diminuent. L'eau en excès se déverse sur la crête en lame fine.

- lorsque la sédimentation s'arrête la cuvette est presque comblée, seul subsiste un profil légèrement creusé à l'amont de l'ouvrage. Toute l'eau de crue se déverse au-dessus de la digue.

Les conséquences de cette évolution sont doubles :

\* **Du point de vue agronomique**, les cultures profitent mieux d'un sol profond et le champ à l'amont atteint sa superficie maximale lorsque la cuvette est comblée. Le niveau de mise en valeur, le choix des espèces et variétés cultivées évoluent avec le temps.

\* **Du point de vue technique**, il faudra prévoir l'évacuation à moyen terme de toute l'eau de crue au - dessus de la digue. Il est donc nécessaire de réaliser des études hydrologiques et de prévoir la longueur de déversoir en assimilant l'ouvrage à une digue déversante.

En ce basant sur des bulletins de résultats obtenus après de longues enquêtes auprès des personnes travaillant à la construction des digues filtrantes et des visites de plusieurs aménagements de ce type réalisés au Burkina Faso, la disposition des digues filtrantes serait fonction de leur hauteur et de la topographie du bas fond. À côté de ces éléments, le budget et l'organisation des parcelles pourraient être des facteurs décisifs.

## **Aménagement par digues filtrantes combinées à des mares artificielles**

### **Présentation de la solution**

Les conditions de vie des populations étant précaires, cette solution peut être envisagée dans la mesure où elle permet d'assurer la survie dans les conditions les plus pessimistes. La solution consiste à emmagasiner une certaine quantité d'eau après la crue dans des bassins souterrains bien colmatés. L'eau ainsi emprisonnée assurera le maraîchage pour au moins quelques mois. La quantité stockée est fonction du nombre d'hectares alloués au maraîchage.

*Pour 1 ha de maraîchage il faut stocker 25.000 m<sup>3</sup> d'eau.*

#### **-Disposition des mares artificielles**

La mare est entre deux diguettes filtrantes. A cette position, elle va collecter l'eau en nappe avant que cette dernière ne s'y déverse. Ainsi l'eau aura tendance à passer à travers les digues donc va se répandre sur le versant augmentant la surface cultivable. Avant d'implanter ces mares, on doit s'assurer que la nature du sol et les conditions hydrologiques s'y prêtent. Cette solution est envisagée à la suite de la remarque des paysans. Ils soulignent que la crue s'accompagne d'une boue très gluante qui s'étale sur le sol. Le sol devient alors imperméable empêchant l'infiltration même après trois jours d'inondation. Voilà donc une donnée qu'il faut vérifier au niveau des études géologiques et pédologiques entreprises par l'U.C.A.D. de Dakar. Dans tous les cas cette solution est sécuritaire même si elle est plus coûteuse.

#### **Aménagement avec une digue déversante avec déversoir en gabion**

Un barrage en gabions est un ouvrage à zone, c'est à dire hétérogène car construit avec des matériaux différents de l'amont vers l'aval.

A l'amont, la digue est un massif pierreux en enrochement totalement gabionné.

Ce barrage en gabion est souple et déformable et s'accommode bien des fondations peu stables : c'est un ouvrage flexible.

- Les technologies de mise en œuvre des matériaux pierreux sont tout à fait appropriées aux compétences des villageois.

- Les gabions peuvent être tressés dans les ateliers artisanaux pour le plus grand bien du monde rural.

La digue est placée à l'endroit cumulant mieux les avantages suivants :

- les pentes transversales,
- les grandes surfaces,
- les plus grands volumes d'eau retenue.

### **Présentation des cultures possibles**

#### *Le riz inondé*

D'après Berton (1988), le riz inondé est pratiqué dans les zones où la hauteur minimale d'eau dépasse 20 cm. Le niveau de l'eau doit être suffisamment stable pour que les rizières ne s'assèchent pas entre deux crues. En pratique, pour que la culture ne souffre pas, le niveau de l'eau ne doit pas avoir baissé de plus de 20cm après 10 jours sans pluie.

C'est dans les bas-fonds à sols très argileux que les digues déversantes sont les plus efficaces pour la riziculture inondée.

#### *Le riz pluvial*

Il se pratique dans les zones où la hauteur maximale ne dépasse pas 20 cm.

#### *Le sorgho, maïs*

Ces cultures se font dans une zone inondée pendant quelques heures après la crue. ( effet des digues filtrantes)

#### *Le mil, l'arachide*

Ces cultures se font dans une zone marginale sur sol léger sableux.

#### *Association de cultures*

Il semblerait que deux cultures ou plus en association peuvent présenter une productivité totale plus élevée que lorsqu'elles sont cultivées séparément « Willey (1984) ». La raison invoquée le plus fréquemment pour expliquer cet effet est que les cultures associées utilisent

différemment les ressources, qu'elles peuvent se compléter l'une l'autre utilisant ainsi au mieux la totalité des ressources.

Le degré de stress pour lequel on obtient l'avantage maximal varie selon l'association et la proportion des cultures. Pour les associations un rang de sorgho- 2 rangs d'arachide, et un rang de mil-2 rangs d'arachide, les avantages maximum obtenus dans des conditions sévères de stress, étaient respectivement de 93% et 78%.

*Les cultures maraîchères* : La pratique du maraîchage s'appuie sur la dose d'arrosage qui est définie comme la quantité nécessaire d'apporter à chaque irrigation pour compenser l'évapotranspiration. En théorie la dose d'arrosage serait égale à la différence entre la capacité de rétention et l'humidité au point de flétrissement (55%). Pour les cultures maraîchères, il est préférable d'irriguer dès que la réserve en eau du sol ne présente plus que 80% de la capacité de rétention.

Pour un sol dont l'humidité équivalente (Heq) serait 28%, le point de flétrissement sera atteint lorsque l'humidité de ce sol sera égale ou inférieure à  $28 \times 55 / 100 = 15.4\%$  d'humidité.

Il faut arroser lorsque l'humidité de ce sol sera aux environs de :  $28 \times 70 / 100 = 19.6\%$

#### *Calcul de la dose d'arrosage*

Soient : A : dose à appliquer en mm d'eau ;

Heq : humidité équivalente 35 à 40 % pour les terres argileuses et de 5 à 30% pour les terres sableuses ;

da : la densité apparente est comprise, le plus souvent entre 1.2 pour les argiles et 1.7 pour les sables.

$$A = Heq \cdot c \cdot da \cdot x \quad \text{en m}^3/\text{ha}$$

La fréquence des arrosages en jours (R) est :  $R = A / (V_m / 30)$  Où  $V_m$  est le volume de besoin mensuel en  $m^3/\text{ha}$  (Recueil de fiches élaborées pour la formation de conseillers agricoles S.A.E.D.)

## **PARTIE II : ÉTUDE TOPOGRAPHIQUE**

### **Généralités**

Une bonne connaissance de la topographie du site est nécessaire avant l'étude technique du barrage. L'étude topographique a pour but de connaître la configuration du site (sur 2D ou sur 3D) et de simuler la présence de l'ouvrage pour ainsi définir ses caractéristiques. En simulant la présence de l'ouvrage, on peut formuler des hypothèses sur sa position exacte, ses dimensions, ses conséquences dans la vallée ainsi que les possibilités de mise en œuvre. A partir des cartes et des levés topographiques, on détermine toutes les données qui pourront être importantes pour faire un choix judicieux de l'ouvrage et de son implantation.

Les données nécessaires concernent :

- le site du barrage et de la retenue,
- la vallée de la rivière,
- les zones d'emprunt des matériaux de construction.

## **I. Le MNT**

Ce chapitre présente les opérations effectuées pour obtenir le MNT. Les zones d'emprunt de matériaux de construction seront aussi précisées.

### **Déroulement des levés topographiques**

L'étude topographique s'est déroulée en deux missions. La première, du 22 au 31 décembre 1998, a permis de lever la partie Nord du bas-fond. Elle a été arrêtée suite à une panne de l'appareil de mesure. La seconde mission a eu lieu du 1<sup>er</sup> au 6 mars 1999, dès la réception du matériel réparé. L'appareil est un théodolite T2002 équipé d'un compensateur dans les deux axes utilisant un système de mesure circulaire par captage opto-électronique pour la mesure angulaire absolue dont l'écart type est de 0.15'' pour les deux angles. Combiné à l'un des distomats wild, le T2002 devient un tachéomètre de précision. Les points sont pris par levé tachéométrique. Pour l'enregistrement des mesures le théodolite peut être muni d'une mémoire ou bien être relié à l'ordinateur de terrain GPC1.

Les fonctions de calculs intégrés COGO (distances entre deux points, éléments d'implantation relèvement, valeurs moyennes etc.) permettent de faire les calculs directement sur le terrain. Quant aux applications, le T2002 excelle dans les mesures de contrôle et de précision de même que dans les mesures de déformation en géodésie et dans l'industrie.

### **Données brutes**

Les levés sur le terrain sont au nombre de 2600. Ils couvrent 30 hectares, soit un bief de 1300m de longueur. Ils ont été levés tous les 10 mètres dans le lit du bas-fond. Sur les berges et le versant, ils ont été levés tous les 10 ou 20 mètres, selon la configuration du terrain et en fonction des besoins de la restitution cartographique. Dix stations de polygonation ont été implantées. Elles sont rattachées entre elles avec une erreur inférieure à 5mm en z et inférieure à 10mm en XY. 4 de ces stations ont été matérialisées par des bornes cimentées.

## Repérages et calage

Les altitudes sont données relativement à la première borne implantée sur le terrain, et dont l'altitude a été fixée conventionnellement à 100 mètres. Il n'y a pas eu de rattachement altimétrique.

Les coordonnées XY ont d'abord été saisies dans un repère arbitraire. Deux mesures GPS ont ensuite été faites sur chaque borne de nivellement, soit 20 mesures en tout. Ces mesures GPS ont permis de recalculer les levés de terrain sur la grille UTM (feuille 28P) par un calcul de moindres carrés. Le Nord de la carte indique le Nord géographique. La restitution est faite en coordonnées UTM.

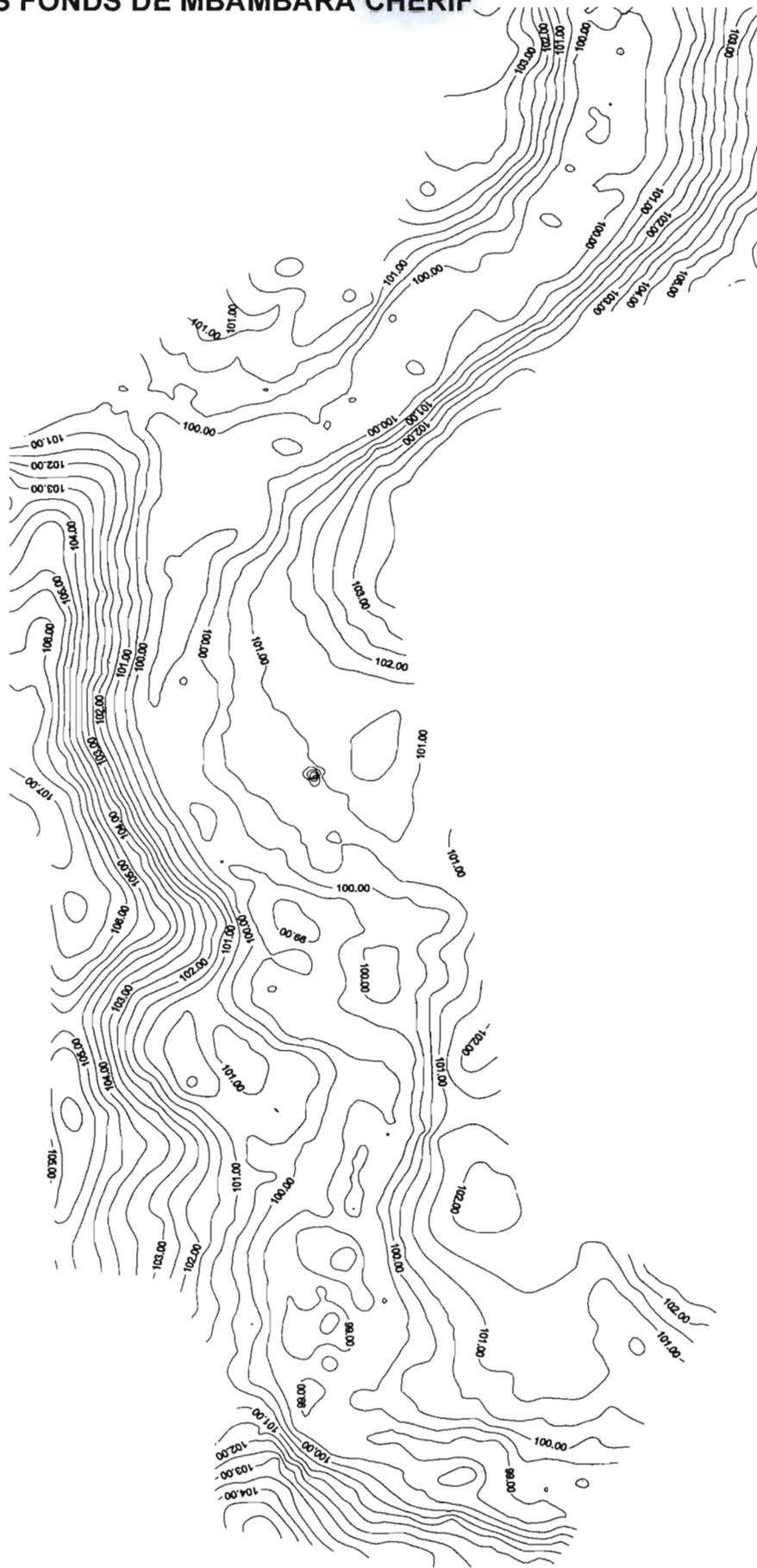
Le tableau 2 indique ces coordonnées.

Toutes les valeurs sont en mètres.

| Nom | X terrain | Y terrain | Est UTM     | Nord UTM     | Z terrain |
|-----|-----------|-----------|-------------|--------------|-----------|
| 1   | 2000      | 5000      | 305 892.530 | 1628 255.758 | 100       |
| 2   | 1813.583  | 4864.554  | 305 716.449 | 1628 107.123 | 100.305   |
| 3   | 1667.86   | 4683.316  | 305 584.282 | 1627 915.774 | 100.456   |
| 4   | 1756.104  | 4334.125  | 305 697.669 | 1627 573.920 | 100.856   |
| 5   | 1815.932  | 4025.763  | 305 779.748 | 1627 270.721 | 99.394    |
| 6   | 1834.852  | 4225.557  | 305 784.098 | 1627 471.361 | 101.788   |
| 7   | 1982.498  | 4182.937  | 305 934.451 | 1627 439.584 | 103.64    |
| 8   | 1650.431  | 4232.455  | 305 599.664 | 1627 464.839 | 103.124   |
| 9   | 1802.315  | 4091.032  | 305 761.423 | 1627 334.827 | 100.086   |
| 50  | 1601.959  | 4680.391  | 305 518.768 | 1627 908.068 | 106.072   |

Tableau 2 : coordonnées des stations

# CARTE 1: BAS FONDS DE MBAMBARA CHERIF



Echelle : 1/4500

## **Calcul du MNT**

A partir des points levés sur le terrain, un MNT a été calculé au pas de 2.5 m. C'est ce MNT qui est représenté sur la carte finale.

Le logiciel Surfer (version 6 ) est exploité pour la confection de la carte.

La méthode d'interpolation utilisée combine deux modes de calcul :

- Dans le bas-fond, les altitudes ont été calculées par krigeage. C'est une méthode précise et fiable qui permet de restituer au mieux les détails du terrain.
- Sur les versants, les altitudes ont été calculées par la méthode de la courbure minimale. C'est une méthode rapide et robuste qui permet d'exploiter des points irrégulièrement espacés.

Le MNT résultant a été représenté à l'équidistance de 25 cm. L'équidistance est la distance verticale entre deux courbes de niveau consécutives.

## **Zone d'emprunt de matériaux**

Le bas fond qui fait l'objet de cette étude n'est pas loin de la carrière de Diack. Au niveau de cette carrière, on peut trouver du basalte. Le basalte est un matériau très recherché pour la confection de gabions. En dehors de cette carrière on note dans le bas fond l'existence d'un sol argileux d'une bonne cohésion et de la terre de termitière.

La terre de termitière est une construction en terre ou en carton de bois que les termites fabriquent surtout dans les pays tropicaux. Elle peut atteindre plusieurs mètres de haut et se poursuit dans le sol par de nombreuses galeries.

Globalement on peut dire que les matériaux et la quantité de terre disponible sont suffisants.

En outre la Caritas dispose d'un camion de capacité 8 m<sup>3</sup> pour le transport des matériaux.

## II. EXPLOITATION DU MNT

### Caractérisation du bas-fond

Les surfaces du bas-fond sont classées en fonction de leur altitude relative. Le tableau 3 indique cette répartition. Six colonnes sont matérialisées présentant respectivement de la gauche vers la droite :

- l'altitude des deux courbes consécutives considérées ;
- la surface d'altitude  $H_i$  dans le repère arbitraire du relevé ;
- la surface entre deux courbes consécutives considérées;
- le pourcentage de surface d'altitude  $H_i$  ;
- le pourcentage cumulé de surface d'altitude inférieur ou égale à  $H_i$ .

Les figures 1.a et 1.b appelées courbes hypsométriques donnent respectivement l'évolution de la surface en pourcentage et en valeur absolue exprimée en hectare en fonction des altitudes en m dans le repère arbitraire de relevé.

**Tableau 3 : Répartition hypsométrique**

| Altitude entre $H_{i-1}$ et $H_i$ | Surface (ha) | Surface entre les courbes $H_i$ et $H_{i-1}$ | % de surface d'altitude $H_i$ | % cumulé de surface inf ou égale à $H_i$ |
|-----------------------------------|--------------|--|-------------------------------|--|
| 98-98.5                           | 0.01         | 0.01   | 0.04                          | 0.04                                     |
| 98.50 – 99                        | 0.54         | 0.53   | 1.60                          | 1.6                                      |
| 99 -99.5                          | 3.39         | 2.85   | 8.68                          | 10.3                                     |
| 99.5 – 100                        | 8.89         | 5.49   | 16.71                         | 27.0                                     |
| 100- 100.5                        | 12.68        | 3.79   | 11.53                         | 38.6                                     |
| 100.5-101                         | 17.18        | 4.51   | 13.70                         | 52.3                                     |
| 101- 101.5                        | 21.25        | 4.07   | 12.37                         | 64.6                                     |
| 101.5- 102                        | 23.89        | 2.64   | 8.02                          | 72.6                                     |
| 102-102.5                         | 25.48        | 1.60   | 4.86                          | 77.5                                     |
| 102.5 –103                        | 26.88        | 1.39   | 4.24                          | 81.7                                     |
| 103 –103.5                        | 28.29        | 1.41   | 4.29                          | 86.0                                     |
| 103.5- 104                        | 29.41        | 1.13   | 3.42                          | 89.5                                     |
| 104- 104.5                        | 30.10        | 0.69   | 2.09                          | 91.5                                     |
| 104.5- 105                        | 30.78        | 0.68   | 2.06                          | 93.6                                     |
| 105 – 105.5                       | 31.34        | 0.57   | 1.72                          | 95.3                                     |
| 105.5- 106                        | 31.98        | 0.63   | 1.93                          | 97.3                                     |
| 106-106.5                         | 32.34        | 0.36   | 1.09                          | 98.3                                     |
| 106.5- 107                        | 32.72        | 0.39   | 1.18                          | 99.5                                     |
| 107 –107.5                        | 32.88        | 0.15   | 0.47                          | 100.0                                    |

### **Analyse des courbes hypsométriques**

A partir des courbes hypsométriques, nous notons :

- 50% des surfaces cultivables soit 16.44 ha ont une altitude relative inférieure à 101m ;
- 38.67% des surfaces cultivables soit 12.7ha ont une altitude relative inférieure à 100.5m ;
- 27% des surfaces cultivables soit 8.9 ha ont une altitude relative inférieure à 100m ;
- 17.5% des surfaces cultivables soit 6.3 ha ont une altitude relative inférieure à 99.75m ;
- 10.3% des surfaces cultivables soit 3.4ha ont une altitude relative inférieure à 99.5m.

La pente de la courbe est forte aux basses et hautes altitudes traduisant l'existence d'une plaine. L'altitude moyenne est estimée à 101m.

### **Simulation de volumes de retenue et de surfaces inondées**

**Le profil en long du l'axe du cours d'eau :** il est représenté à la figure 5 et permet de connaître de l'amont vers l'aval les caractéristiques du terrain (pente, rupture de pente ...). Les altitudes varient entre 100 m et 98.75 m. le profil a rendu possible la détermination de la pente moyenne du bas-fond. Cette pente est estimée à 0.3%. Avec cette pente et en appliquant les formules du CIEH, il faudrait un écartement entre les digues de 50m et une implantation de 27 digues. Par rapport à ce problème, une simulation de surface est faite pour apporter d'autres solutions.

La simulation a consisté à implanter une digue en plusieurs endroits différents le long du bas-fond et à évaluer les surfaces cultivables et les volumes de retenue. A cet effet 19 sections ont été choisies arbitrairement. Les résultats des différents essais sont enregistrés dans des tableaux ainsi présentés :

Figure 2.a Evolution de volume de retenue en fonction de l'altitude du plan d'eau dans le repère arbitraire de relevé. Vi représente le volume de retenue suite à l'implantation d'1 digue à la section i

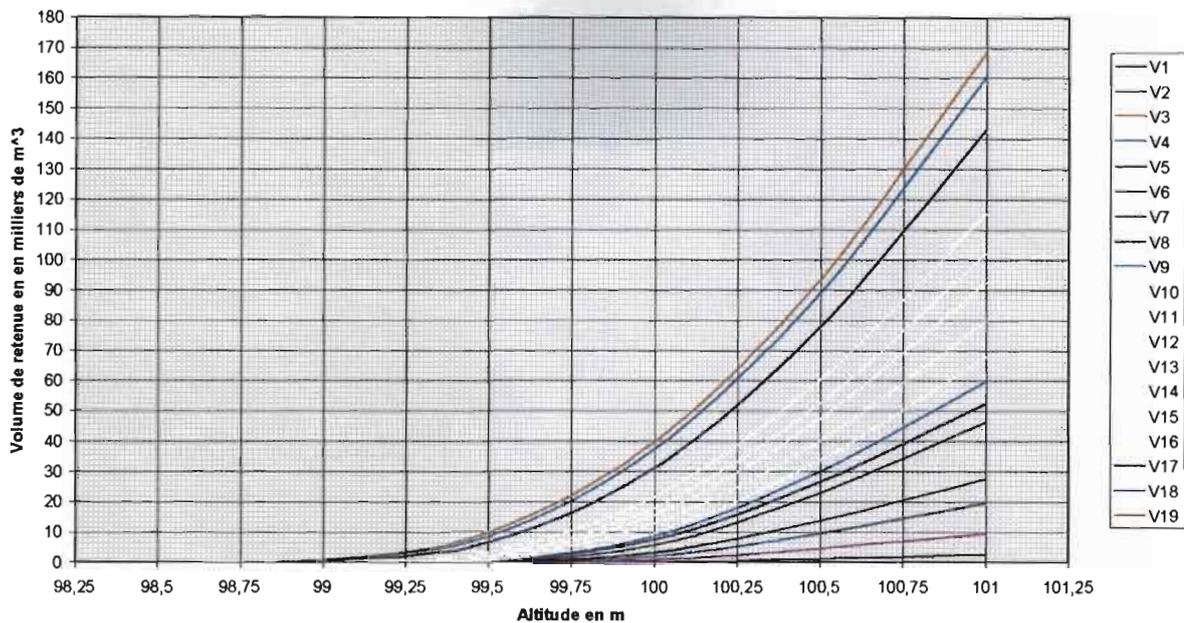
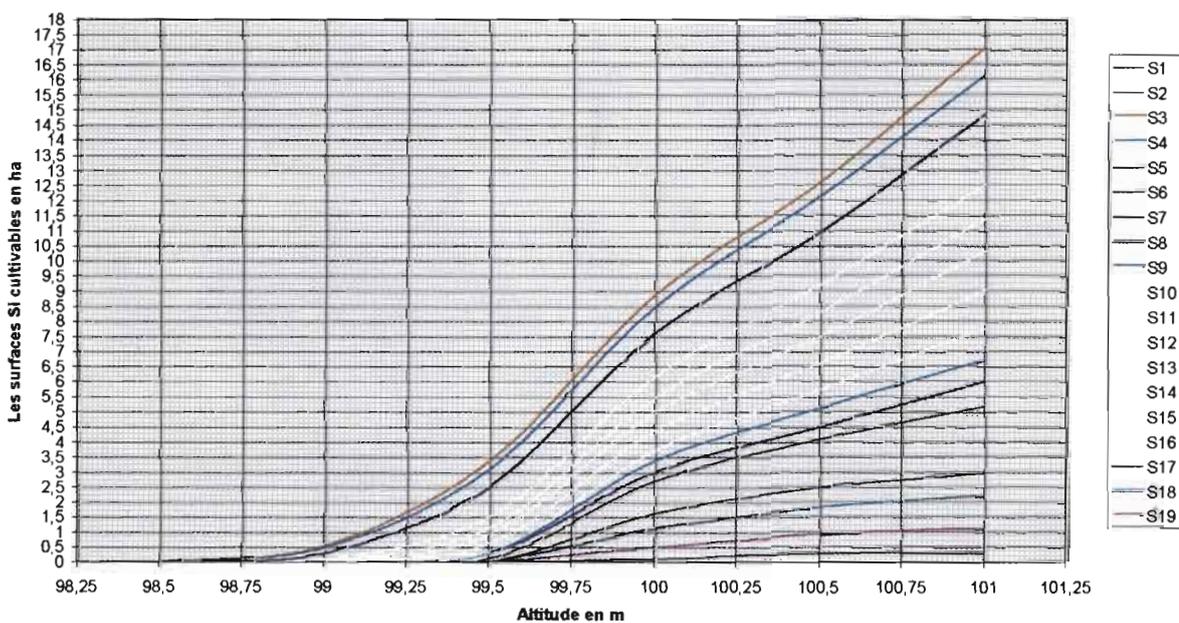


Figure 2.b Evolution des surfaces inondées en fonction de l'altitude en m dans le repère arbitraire de levé. Si représente la surface inondée suite à l'implantation d'1 digue à la section i

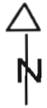


**Tableau 4.b. Relation altitude du plan d'eau volume de retenue**

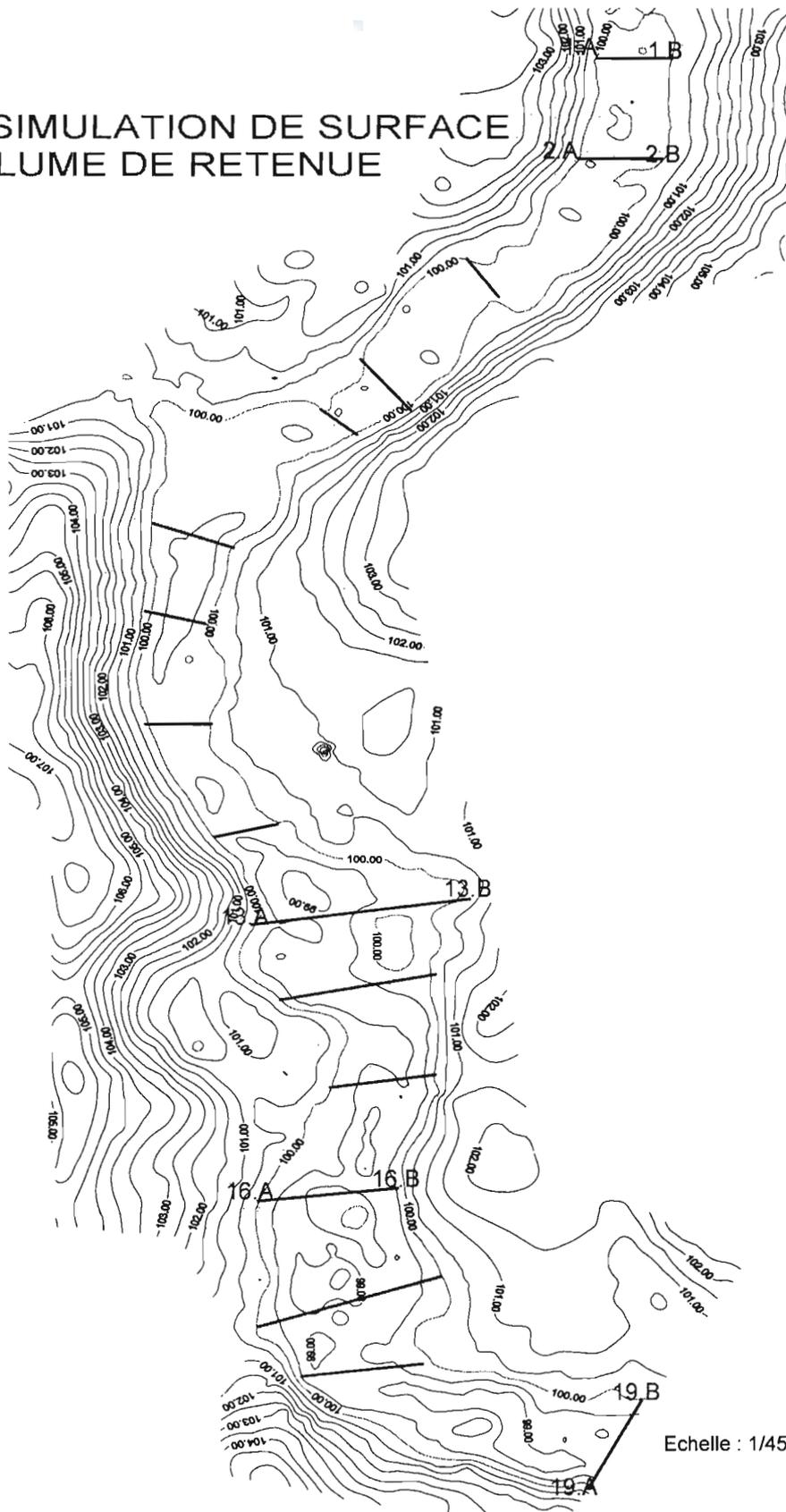
| Volume de retenue | Altitude du plan (m) d'eau dans le repère arbitraire du relevé |             |              |              |             |              |
|-------------------|--|-------------|--------------|--------------|-------------|--------------|
|                   | 98.5   | 99          | 99.5         | 100          | 100.5       | 101          |
| V1                | 0  | 0           | 0            | 0.08517      | 1.2         | 2.7          |
| V2                | 0  | 0           | 0            | 0.63         | 4.36        | 9.3          |
| V3                | 0  | 0           | 0.13         | 1.7          | 9.3         | 19.3         |
| <b>V4</b>         | <b>0</b>   | <b>0</b>    | <b>0.136</b> | <b>1.73</b>  | <b>9.5</b>  | <b>19.64</b> |
| V5                | 0  | 0           | 0.016        | 3.16         | 13.8        | 27.5         |
| V6                | 0  | 0           | 0.016        | 3.1          | 13.8        | 27.5         |
| V7                | 0  | 0           | 0.05         | 5.6          | 23          | 46.4         |
| V8                | 0  | 0           | 0.25         | 7.3          | 26.5        | 52.5         |
| V9                | 0  | 0           | 0.3          | 8.45         | 30          | 59.6         |
| V10               | 0  | 0           | 0.3          |              | 33.4        |              |
| <b>V11</b>        | <b>0</b>   | <b>0</b>    | <b>0.31</b>  | <b>9.7</b>   | <b>33.8</b> | <b>67.97</b> |
| V12               | 0  | 0.056       | 1.2          | 12.8         | 40.4        | 80           |
| V13               | 0  | 0.056       | 1.7          | 15.7         | 47.5        | 92.6         |
| V14               | 0  | 0.056       | 2.1          | 18           | 52.67       | 102.28       |
| V15               | 0  | 0.09        | 3.2          | 21.7         | 60.4        | 115.3        |
| V16               | 0.016  | 0.424       | 6.4          | 30.8         | 77.5        | 142.52       |
| V17               | 0.016  | 0.42        | 6.4          | 31           | 77.7        | 143          |
| <b>V18</b>        | <b>0.016</b>   | <b>0.65</b> | <b>8.4</b>   | <b>37.15</b> | <b>89</b>   | <b>160.2</b> |
| V19               | 0.016  | 0.7         | 9.7          | 39.7         | 93.5        | 168.4        |

Le tableau 4.b indique les volumes de retenue en fonction de l'altitude du plan d'eau dans le repère arbitraire de relevé. Le volume de retenue  $i$  calculé lorsqu'une digue est implantée en une section  $i$  est noté  $V_i$ . Par exemple lorsqu'une digue est implantée à une section 3 et pour une altitude de plan d'eau de 100 m dans le repère arbitraire du relevé, le volume de retenue calculé est 1.7 en milliers de  $m^3$ .

# BAS FONDS DE MBAMBARA CHERIF



## CARTE 2. SIMULATION DE SURFACE ET DE VOLUME DE RETENUE



**Tableau 4.a Relation surface cultivable altitude plan d'eau**

| Surface | Altitude du plan d'eau en m dans le repère arbitraire du relevé |       |      |      |       |       |
|---------|---|-------|------|------|-------|-------|
|         | 98.5  | 99    | 99.5 | 100  | 100.5 | 101   |
| S1      | 0   | 0     | 0    | 0.1  | 0.3   | 0.3   |
| S2      | 0   | 0     | 0    | 0.5  | 0.9   | 1.1   |
| S3      | 0   | 0     | 0.01 | 1.13 | 1.8   | 2.21  |
| S4      | 0   | 0     | 0.0  | 1.1  | 1.8   | 2.2   |
| S5      | 0   | 0     | 0    | 1.61 | 2.5   | 3     |
| S6      | 0   | 0     | 0    | 1.61 | 2.5   | 3     |
| S7      | 0   | 0     | 0.1  | 2.7  | 4.1   | 5.2   |
| S8      | 0   | 0     | 0.3  | 3    | 4.5   | 6     |
| S9      | 0   | 0     | 0.3  | 3.4  | 5.1   | 6.7   |
| S10     | 0   | 0     | 0.33 |      | 5.7   |       |
| S11     | 0   | 0     | 0.34 | 3.75 | 5.73  | 7.76  |
| S12     | 0   | 0.06  | 0.64 | 4.4  | 6.6   | 9.02  |
| S13     | 0   | 0.065 | 0.95 | 5.02 | 7.5   | 10.3  |
| S14     | 0   | 0.065 | 1.17 | 5.5  | 8.3   | 11.4  |
| S15     | 0   | 0.1   | 1.55 | 6.2  | 9.2   | 12.5  |
| S16     | 0.014   | 0.3   | 2.5  | 7.58 | 10.93 | 14.83 |
| S17     | 0.014   | 0.29  | 2.5  | 7.58 | 10.93 | 14.83 |
| S18     | 0.014   | 0.48  | 3.11 | 8.5  | 12.12 | 16.13 |
| S19     | 0.014   | 0.54  | 3.4  | 8.9  | 12.6  | 17.05 |

Le tableau 4.a indique les surfaces cultivables lorsqu'une digue est implantée sur les sections 1, 2,...19. Les surfaces cultivables calculées au niveau de ces sections sont respectivement notées S1, S2,...S19. Les surfaces cultivables sont exprimées en ha. Au niveau de chaque section, l'altitude varie entre 98.5 m et 101m dans le repère arbitraire du relevé. Pour une altitude relative du plan d'eau de 100 m par exemple, une surface 0.1ha est inondée lorsqu'une digue est implantée à la section 1, une surface de 0.5 ha est inondée lorsqu'on met la digue à la section2,..., une surface de 8.9 ha est inondée lorsque la digue se trouve à la section 19.

Le tableau 5 donne les coordonnées des digues 1, 2, ...,16. Chaque digue est identifiée par deux points : un premier point situé sur la rive droite et un second point situé sur la rive gauche. Le point de la section i situé sur la rive droite est noté iA et l'autre point de cette même section située sur la rive gauche est noté iB. Chaque point est identifié par ses coordonnées UTM (Est UTM et Nord UTM) et son altitude dans le repère arbitraire de relevé (Z terrain). On lira pour le points 1.A situé sur la rive droite de la section 1 : a pour coordonnées : Est UTM 305876 ,Nord UTM 305923 et Z terrain 100.

Tableau 5. Coordonnées des sections 1, 2, 3, 4, ...,16.

| Nom des sections | Nom des points | Est UTM | Nord UTM | Z terrain |
|------------------|----------------|---------|----------|-----------|
| 1                | 1.A            | 305875  | 1628360  | 100       |
|                  | 1.B            | 305923  | 1628360  | 100       |
| 2                | 2.A            | 305863  | 1628280  | 100       |
|                  | 2.B            | 305917  | 1628280  | 100       |
| 3                | 3.A            | 305792  | 1628200  | 100       |
|                  | 3.B            | 305812  | 1628170  | 100       |
| 4                | 4.A            | 305724  | 1628120  | 100       |
|                  | 4.B            | 305756  | 1628080  | 100       |
| 5                | 5.A            | 305722  | 1628060  | 100       |
|                  | 5.B            | 305699  | 1628080  | 100       |
| 6                | 6.A            | 305643  | 1627970  | 100       |
|                  | 6.B            | 305591  | 1627990  | 100       |
| 7                | 7.A            | 305643  | 1627720  | 100.31    |
|                  | 7.B            | 305693  | 1627760  | 100.504   |
| 8                | 8.A            | 305625  | 1627910  | 100       |
|                  | 8.B            | 305587  | 1627920  | 100       |
| 9                | 9.A            | 305629  | 1627830  | 100       |

|    |      |        |         |         |
|----|------|--------|---------|---------|
|    | 9.B  | 305587 | 1627830 | 100     |
|    |      |        |         |         |
| 10 | 10.A | 305671 | 1627750 | 100     |
|    | 10.B | 305631 | 1627740 | 100     |
|    |      |        |         |         |
| 11 | 11.A | 305794 | 1627690 | 100     |
|    | 11.B | 305655 | 1627670 | 100     |
|    |      |        |         |         |
|    | 12.A | 305643 | 1627720 | 100.31  |
|    | 12.B | 305693 | 1627760 | 100.504 |
|    |      |        |         |         |
| 13 | 13.A | 305673 | 1627610 | 100     |
|    | 13.B | 305772 | 1627630 | 100     |
|    |      |        |         |         |
| 14 | 14.A | 305772 | 1627550 | 100     |
|    | 14.B | 305705 | 1627540 | 100     |
|    |      |        |         |         |
| 15 | 15.A | 305659 | 1627450 | 100     |
|    | 15.B | 305748 | 1627460 | 100     |
|    |      |        |         |         |
| 16 | 16.A | 305776 | 1627390 | 100     |
|    | 16.B | 305659 | 1627350 | 100     |
|    |      |        |         |         |
| 17 | 17.A | 305764 | 1627320 | 100     |
|    | 17.B | 305687 | 1627310 | 100     |
|    |      |        |         |         |
| 18 | 18.A | 305818 | 1627230 | 100.231 |
|    | 18.B | 305860 | 1627290 | 99.913  |
|    |      |        |         |         |
| 19 | 19.A | 305904 | 1627290 | 100     |
|    | 19.B | 305870 | 1627220 | 100     |

Dans la première partie de la simulation, une digue est implantée en 19 sections différentes pour estimer le comportement du bas-fond suivant plusieurs sections. Les figures 2.a et 2.b tracées à partir du tableau 4.a et 4.b montrent respectivement l'évolution des surfaces cultivables en fonction de l'altitude du plan d'eau et l'évolution des volumes de retenue en

Figure3.b Relation surface cultivable altitude plan d'eau

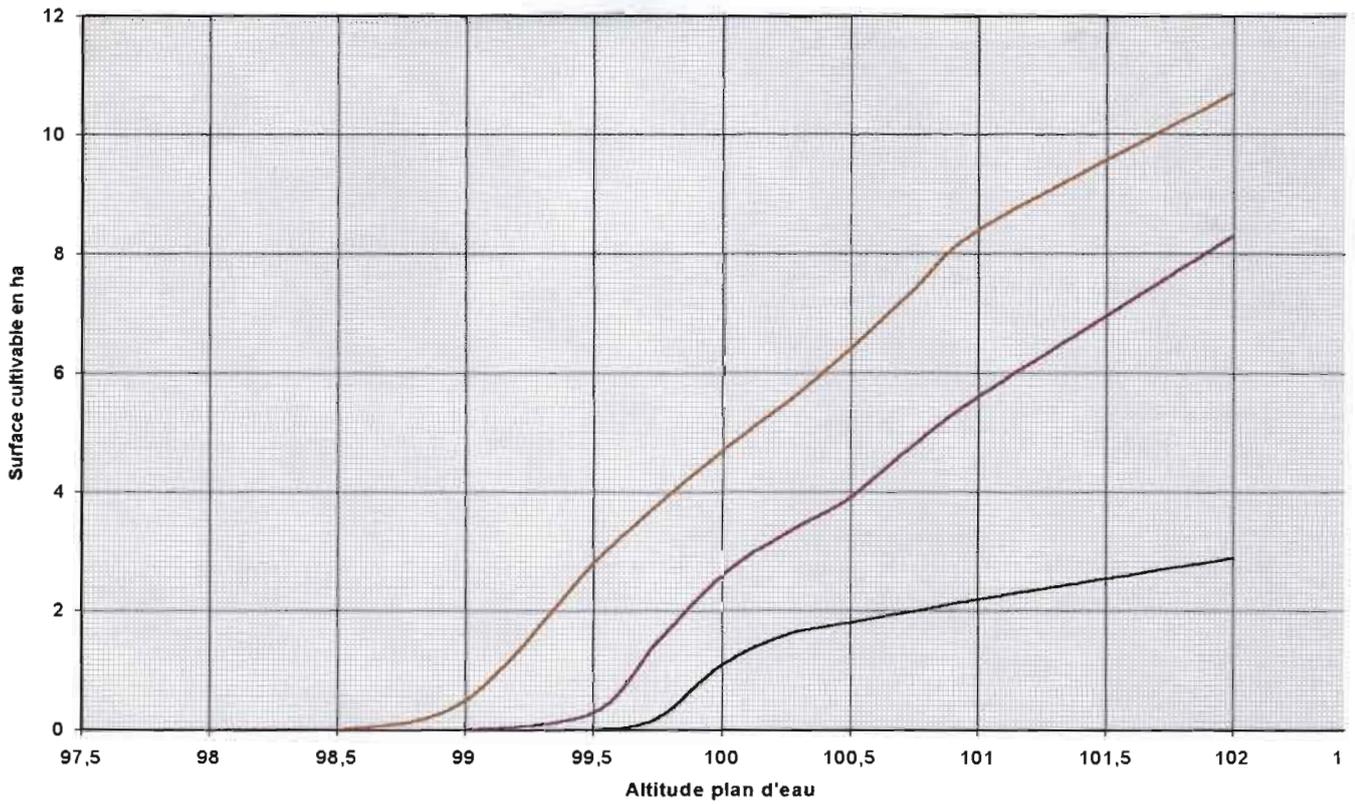
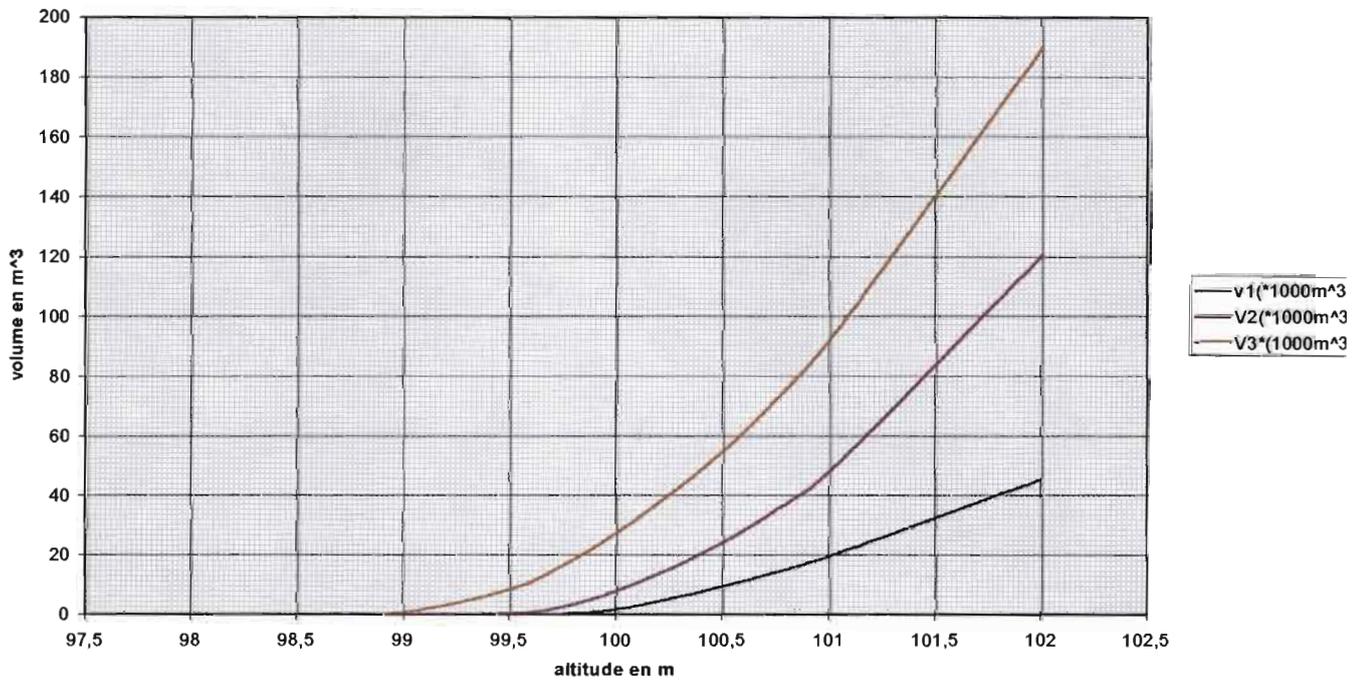


Figure3.a Relation volume de retenue hauteur d'eau



fonction de l'altitude du plan d'eau. Les altitudes varient entre 99m et 101 m dans le repère arbitraire du relevé.

L'analyse des figures 2.a et 2.b permet de dire que :

- le bas-fond a plus tendance à emmagasiner de l'eau que de la répandre ;
- les surfaces inondées et les volumes de retenue deviennent des fonctions linéaires de l'altitude du plan d'eau à une certaine altitude.
- les courbes tracées dans une même zone sont toutes parallèles lorsque les fonctions deviennent linéaires.

L'analyse de ces courbes a rendu possible le choix sur trois sections notées respectivement S1, S2 et S3 pour l'implanter des digues filtrantes. Pour les trois digues filtrantes retenues notées respectivement digue 1, digue2 et digue3, des calculs de volume et surface cultivable ont été faits. Les effets des trois digues sont combinés. En effet il ne s'agit plus de mettre une digue à la section1 puis à la section2 et enfin à la section3 mais d'implanter en même temps les trois digues respectivement aux sections 1,2,3. Les tableaux 6.a et 6.b indiquent respectivement la relation volume de retenue altitude de plan d'eau dans le repère arbitraire de relevé et surface cultivable et altitude de plan d'eau dans le repère arbitraire de relevé. Les figures 3.a et 3.b illustrent cette relation.

Dans le tableau 6.a, les volumes de retenue sont exprimés en milliers de mètre cube et les altitudes en mètres. Au niveau de la section 2 par exemple, pour une altitude de plan d'eau de 100 m, 7900 m<sup>3</sup> d'eau sont retenus.

**Tableau 6.a Relation volume retenue altitude plan d'eau**

| H(en m) | V1(*1000m <sup>3</sup> ) | V2(*1000m <sup>3</sup> ) | V3*(1000m <sup>3</sup> ) |
|---------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 98      | 0.0                      | 0.0                      | 0.0                      |
| 98.5    | 0.0                      | 0.0                      | 0.0                      |
| 99      | 0.0                      | 0.0                      | 0.7                      |
| 99.5    | 0.0                      | 0.3                      | 8.4                      |
| 99.75   | 0.1                      | 2.5                      | 16.7                     |
| 100     | 1.7                      | 7.9                      | 27.5                     |
| 100.25  | 5.2                      | 15.4                     | 40.3                     |
| 100.5   | 9.5                      | 24.3                     | 55.2                     |
| 100.75  | 14.3                     | 35.3                     | 72.5                     |
| 101     | 19.6                     | 48.3                     | 92.3                     |
| 102     | 45.4                     | 120.5                    | 189.8                    |

**Tableau 6.b Relation surface cultivable altitude plan d'eau**

| H(en m) | S1(ha) | S2(ha) | S3(ha) |
|---------|--------|--------|--------|
| 98      | 0.0    | 0.0    | 0.0    |
| 98.5    | 0.0    | 0.0    | 0.0    |
| 99      | 0.0    | 0.0    | 0.5    |
| 99.5    | 0.0    | 0.3    | 2.8    |
| 99.75   | 0.2    | 1.5    | 3.8    |
| 100     | 1.1    | 2.6    | 4.7    |
| 100.25  | 1.6    | 3.3    | 5.5    |
| 100.5   | 1.8    | 3.9    | 6.4    |
| 100.75  | 2.0    | 4.8    | 7.4    |
| 101     | 2.2    | 5.6    | 8.4    |
| 102     | 2.9    | 8.3    | 10.7   |

Dans la deuxième partie de la simulation, il s'agit de trouver l'emplacement adéquat pour chacune des trois solutions retenues.

**Pour la solution1 : 3 digues filtrantes** ; digue 1, digue 2 et digue 3 sont proposées.

Pour la solution 1, le bas-fond est scindé en zones.

Une première de 4.9 ha. 23% de cette superficie soit 1.13ha ont une altitude relative inférieure ou égale à 100m. Cette zone 1 est la surface comprise entre la tête du bas-fond et la première digue. Une deuxième zone couvrant une superficie de 16.6 ha dont 10.4% de cette superficie soit 1.72ha sont sous l'altitude relative 99.75m. Elle est située entre les deux premières digues. Une troisième zone se situant entre la digue 2 et la digue 3 couvrant

# BAS FONDS DE MBAMBARA CHERIF



Carte 3. Proposition 1  
3 digues filtrantes aux sections 1, 2, 3.



Echelle : 1/4500

0.00 50.00 100.00 150.00 200.00

une superficie de 30.4 ha dont 10.2% de cette superficie soit 3.1 ha est sous l'altitude relative 99.50m.

Les tableaux 7, 8, 9 ont rendu possible l'identification plus en détail des points servant à implanter les sections 1, 2, et 3. Sept points sont pris pour chaque section. La section 1 est entre la tête du bas-fond et la section 2 plus précisément à 262 m de la tête du bas-fond et à 540 m de la section 2. Cette dernière est à 570 m de la section 3.

**Tableau7. Coordonnées de la section1**

| Nom des | Est UTM | NordUTM | Zterrain |
|---------|---------|---------|----------|
| 1       | 305769  | 1628200 | 100.493  |
| 2       | 305770  | 1628200 | 100.414  |
| 3       | 305773  | 1628200 | 100.219  |
| 4       | 305775  | 1628200 | 100.064  |
| 5       | 305775  | 1628200 | 100.055  |
| 6       | 305830  | 1628150 | 100.43   |
| 7       | 305831  | 1628150 | 100.537  |

**Tableau 8 : Coordonnées de la section 2**

| Nom points | Est UTM | Nord UTM | Zterrain |
|------------|---------|----------|----------|
| 1          | 305643  | 1627720  | 100.311  |
| 2          | 305645  | 1627720  | 100.101  |
| 3          | 305646  | 1627720  | 100.001  |
| 4          | 305653  | 1627730  | 99.5492  |
| 5          | 305690  | 1627760  | 100.437  |
| 6          | 305693  | 1627760  | 100.501  |
| 7          | 305693  | 1627760  | 100.504  |

**Tableau 9 : Coordonnées de la section3**

| Nom points | Est UTM | Nord UTM | Z terrain |
|------------|---------|----------|-----------|
| 1          | 305818  | 1627230  | 100.231   |
| 2          | 305820  | 1627230  | 99.9166   |
| 3          | 305820  | 1627230  | 99.8709   |
| 4          | 305828  | 1627240  | 98.845    |
| 5          | 305829  | 1627250  | 98.7931   |
| 6          | 305830  | 1627250  | 98.7573   |
| 7          | 305860  | 1627290  | 99.9133   |

**- Pour la solution des digues filtrantes + mares artificielles**

Deux digues sont retenues : Ce sont les digues 2 et 3 citées dans la première solution dont les points d'implantation sont respectivement représentés aux endroits indiqués dans les tableaux 8 et 9. Les mares sont des cuves rectangulaires comme des piscines. Elles sont identiques et leurs dimensions sont 50mx5mx10m. Le volume d'eau emmagasiné est 12.500m<sup>3</sup>.

**- Pour la solution de la digue déversante, Une seule notée digue 3 est proposée.**

La carte 4 indique sa position. Les coordonnées des points rendant possible son implantation figurent dans le tableau 9. Dans le tableau 11.b, figurent les résultats relatifs aux surfaces inondées et aux volumes de retenue.

**Estimation de la quantité de gabions pour différentes hauteurs du plan d'eau**

L'estimation de la quantité de gabions n'est rendue possible qu'à partir des profils en travers.

***Les profils en travers***

Ils sont représentés au niveau des figures 4.a, 4.b et 4.c. On définit ainsi la rive droite (La rive droite se situe à droite lorsqu'on se dirige dans le sens d'écoulement des eaux) et la rive gauche. Ce type de représentation permet d'appréhender le modèle du terrain dans le sens transversal. Il y figure le tracé du fond de la cuvette, les hauteurs relatives des points relevés et les distances cumulées (de la rive droite vers la rive gauche).

Les profils en travers représentés sur les figures 4.a, 4.b et 4.c ont rendu possible l'estimation de la quantité de matériau nécessaire pour les digues.

Le tableau 10 donne la quantité de matériaux exprimée en m<sup>3</sup> par unité de largeur de digue nécessaire pour différentes altitudes du plan d'eau dans le repère arbitraire de levé.

Quantité de gabions nécessaires pour les trois digues filtrantes

Figure 4.a Profil en travers du bas-fond au niveau de la section 1

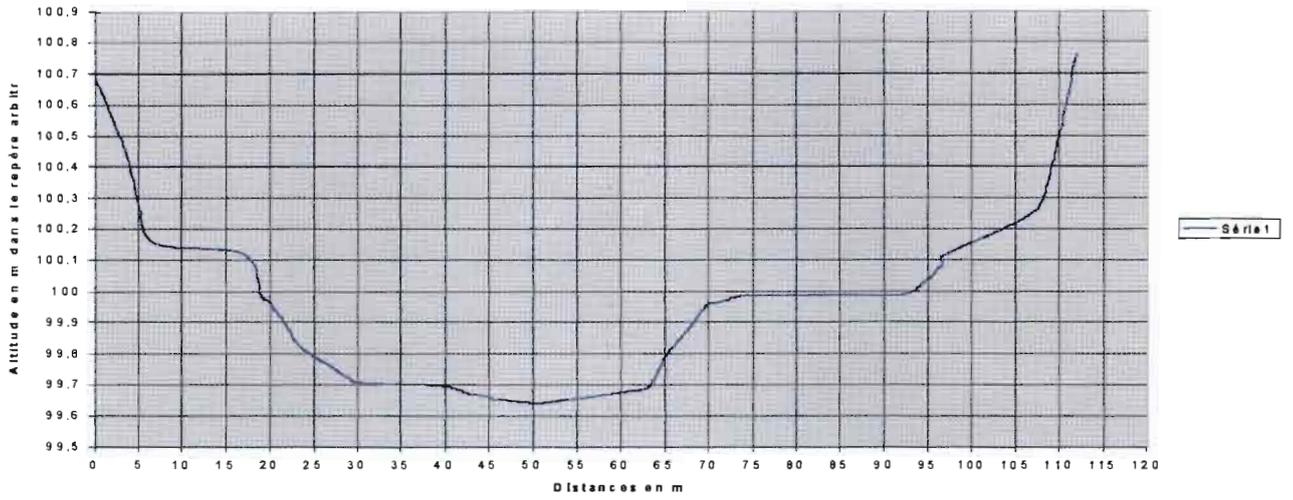


Figure 4.c. Profil en travers du bas-fond au niveau de la section 3

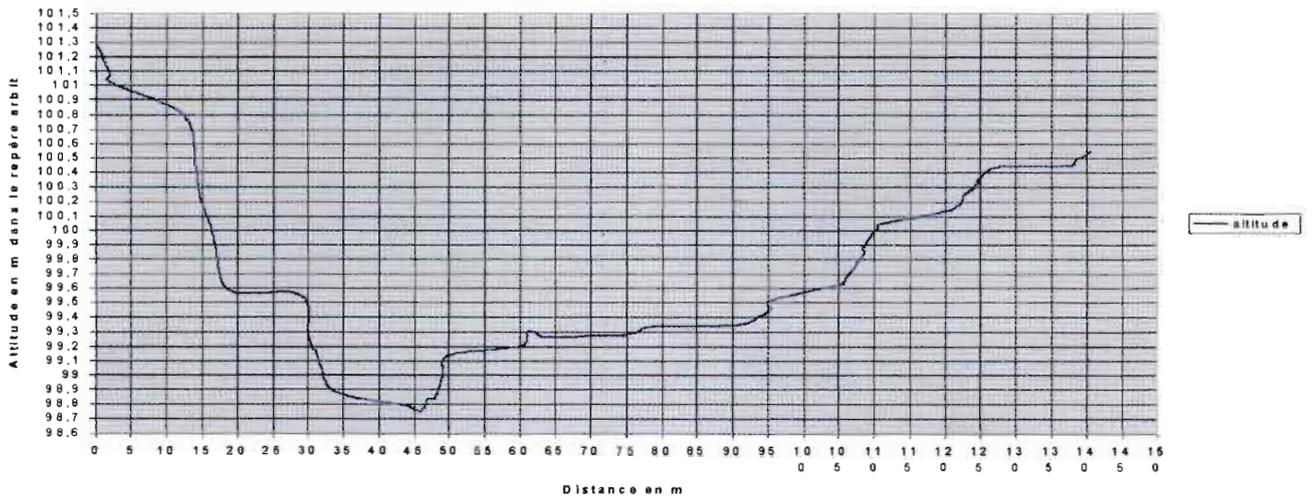
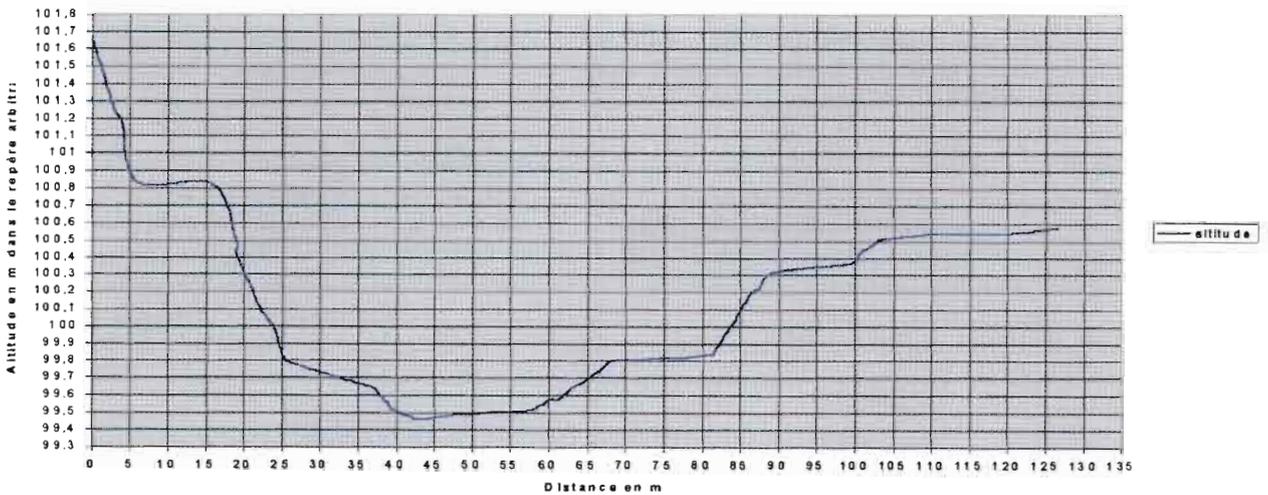


Figure 4.b Profil en travers du bas-fond au niveau de la section 2



**Tableau 10. Quantité de matériaux pour différentes valeurs de H**

| Sections  | Altitude du plan d'eau en m | Quantité de matériaux       |
|-----------|-----------------------------|-----------------------------|
| Section1  | 100                         | <b>14 m<sup>3</sup> /m</b>  |
|           | 100.3                       | <b>40 m<sup>3</sup>/m</b>   |
|           | 100.5                       | <b>61.5 m<sup>3</sup>/m</b> |
| Section 2 | 100                         | <b>20 m<sup>3</sup>/m</b>   |
|           | 100.3                       | <b>39 m<sup>3</sup>/m</b>   |
|           | 100.5                       | <b>54 m<sup>3</sup>/m</b>   |
| Section 3 | 100                         | <b>63 m<sup>3</sup>/m</b>   |
|           | 100.3                       | <b>94 m<sup>3</sup>/m</b>   |
|           | 100.5                       | <b>116 m<sup>3</sup>/m</b>  |

**Proposition de scénario d'aménagement**

Après analyse des figures 3.a et 3.b, les solutions inscrites dans le tableau 11.a et 11.b sont proposées.

Le tableau 11.a. indique les résultats obtenus avec la première solution. Les volumes en milliers de mètre cube, les surfaces en ha et les altitudes en m.

Tableau 11.a : résultats de la solution 1

|   | Digue 1           | Digue 2           | Digue 3        |
|---|-------------------|-------------------|----------------|
| Hauteur du plan dans le repère arbitraire de levé | <b>H=100.50 m</b> | <b>H=100.25 m</b> | <b>H=100.m</b> |
| Surface inondée en ha                             | 1.8               | 3.3               | 4.7            |
| Volume de retenue en milliers de mètre cube       | 9.5               | 15.4              | 27.5           |

# BAS FONDS DE MBAMBARA CHERIF



Carte 3. Proposition 1  
3 digues filtrantes aux sections 1, 2, 3.



Echelle : 1/4500

0.00 50.00 100.00 150.00 200.00

305350 305400 305450 305500 305550 305600 305650 305700 305750 305800 305850 305900 305950 306000 306050 306100 306150

**Cultures proposées :** La carte 6 indique la surface prévue pour la riziculture pluviale.

Les cartes 6.a, 6.b, 6.c indiquent les zones inondées.

**Zone 1 :**

- *riz pluvial* sur une superficie de 1.2 ha ; ( sous la courbe 100m)

-*sorgho, maïs* entre les courbes 100et 101m : sur 1.1 ha

- *Association un rang de mil-2 rangs d'arachide* entre les courbes (101 et 104) sur 2.3ha

**Zone2 :**

- *riz pluvial* sur une superficie de 1.5 ha ; (sous la courbe 99.75)

- *Sorgho, maïs* entre les courbes (99.75 et 101)m :sur 4ha

-*Association un rang de mil-2 rangs d'arachide* entre les courbes (100 et 104 m) sur 4.5 ha.

**Zone3 :**

- *riz pluvial* sur une superficie de 2.8ha, (sous la courbe 99.5m)

- *Sorgho, maïs* entre les courbes (99.5m et 101m) :sur 5.6ha

-*Association un rang de mil-2 rangs d'arachide* sous les courbes de niveau 101m et 104m sur 4,1ha.

Le tableau 11.b présente les résultats de la solution 2 : digue déversante

L'altitude du plan d'eau est fixée à 100.5 m dans le repère arbitraire du relevé. La surface inondée est de 6.4 ha et le volume d'eau retenu 55160 m<sup>3</sup>.

**Tableau 11.b : résultats solution 2**

|   |  |
|---|--|
| <b>SOLUTION 2</b>                                 | 1Digue déversante :ses coordonnées sont indiquées au niveau du tableau 7 |
| Hauteur du plan dans le repère arbitraire de levé | H = 100.5m   |
| Surface inondée                                   | S=6.4 ha   |
| Volume de retenu en milliers de mètre cube        | V= 55.16m <sup>3</sup>   |

BAS FONDS DE MBAMBARA CHERIF



Carte 7

Aménagement avec 1 digue déversante



**Cultures proposées** : les cartes 7 indiquent l'occupation du bas-fond.

- *Sorgho, maïs* entre les courbes de niveau 100.5 et 101 m soit une superficie de 4.1 ha.
- *Association un rang de mil-2 rangs d'arachide* entre les courbes de niveau 101 et 104 soit sur une superficie de 10.9 ha.

### **Estimation de la quantité de gabions**

A ce stade de l'étude, il est possible de faire un devis estimatif de la quantité de gabions nécessaires pour les trois digues filtrantes. Le calcul pour la digue déversante ne pourra pas se faire actuellement car il nécessite des études hydrologiques et géotechniques pour un bon dimensionnement.

#### Quantité de gabions nécessaires pour les trois digues filtrantes

Le tableau 12 résume les quantités exprimées en m<sup>3</sup> par unité de largeur des trois digues. Dans le calcul est prise en compte la quantité de gabion pour la semelle. A cet égard une semelle de 20 cm est considérée. Les digues 1, 2, et 3 ont respectivement des longueurs de 110 m, 90m et 90 m

Tableau 12. Quantité de matériau (basalte) pour les trois digues filtrantes.

|  | Digue 1                   | Digue 2                 | Digue 3                  |
|--|---------------------------|-------------------------|--------------------------|
| Hauteur du plan d'eau  | 100.5 m                   | 100.25 m                | 100                      |
| Aire mouillée  | 62 m <sup>2</sup>         | 36 m <sup>2</sup>       | 63 m <sup>2</sup>        |
| Aire semelle=l*0.20  | 110*0.2=22 m <sup>2</sup> | 90*0.2=18m <sup>2</sup> | 110*0.2=22m <sup>2</sup> |
| Quantité de matériau   | 84 m <sup>3</sup> /m      | 54 m <sup>3</sup> /m    | 85 m <sup>3</sup> /m     |
| Quantité de gabions totale pour les trois digues : <b>223 m<sup>3</sup> par unité de largeur de digue.</b> |                           |                         |                          |
| <b>Il faut prévoir 30 aller et retour soit 60 fois la distance Mbambara Chérif – Sangal</b>                |                           |                         |                          |
| <b>carrière de diack avec un camion de capacité 8 m<sup>3</sup></b>  |                           |                         |                          |

## **Critiques sur les propositions**

Les avantages et les inconvénients pour chaque proposition sont présentés.

### Digues filtrantes

Avantage : les rendements des récoltes en amont des digues filtrantes sont plus élevés en plus la sécurité d'avoir une récolte lors d'une année relativement sèche est plus élevée.

Inconvénient : L'alimentation de la nappe phréatique n'est pas instantanée.

### Digues déversantes

Avantage : Importante quantité d'eau stockée : 15160 m<sup>3</sup>.

Inconvénient : Les digues déversantes rendent les terres stériles aux activités agricoles. La présence de l'eau peut jouer trois rôles particuliers dans la transmission des maladies : par son ingestion, par son contact et par sa proximité.

## **positions des transects piézométriques**

Il s'agit de trouver des positions favorables pour l'implantation de transects piézométriques.

Les transects rendent possible la connaissance du sens de l'écoulement souterrain.

Pour ce faire, des profils transversaux sont faits à partir des puits et à partir de la section 3 dont l'emplacement est spécifié dans le tableau 9. De ces coupes les propositions suivantes sont faites :

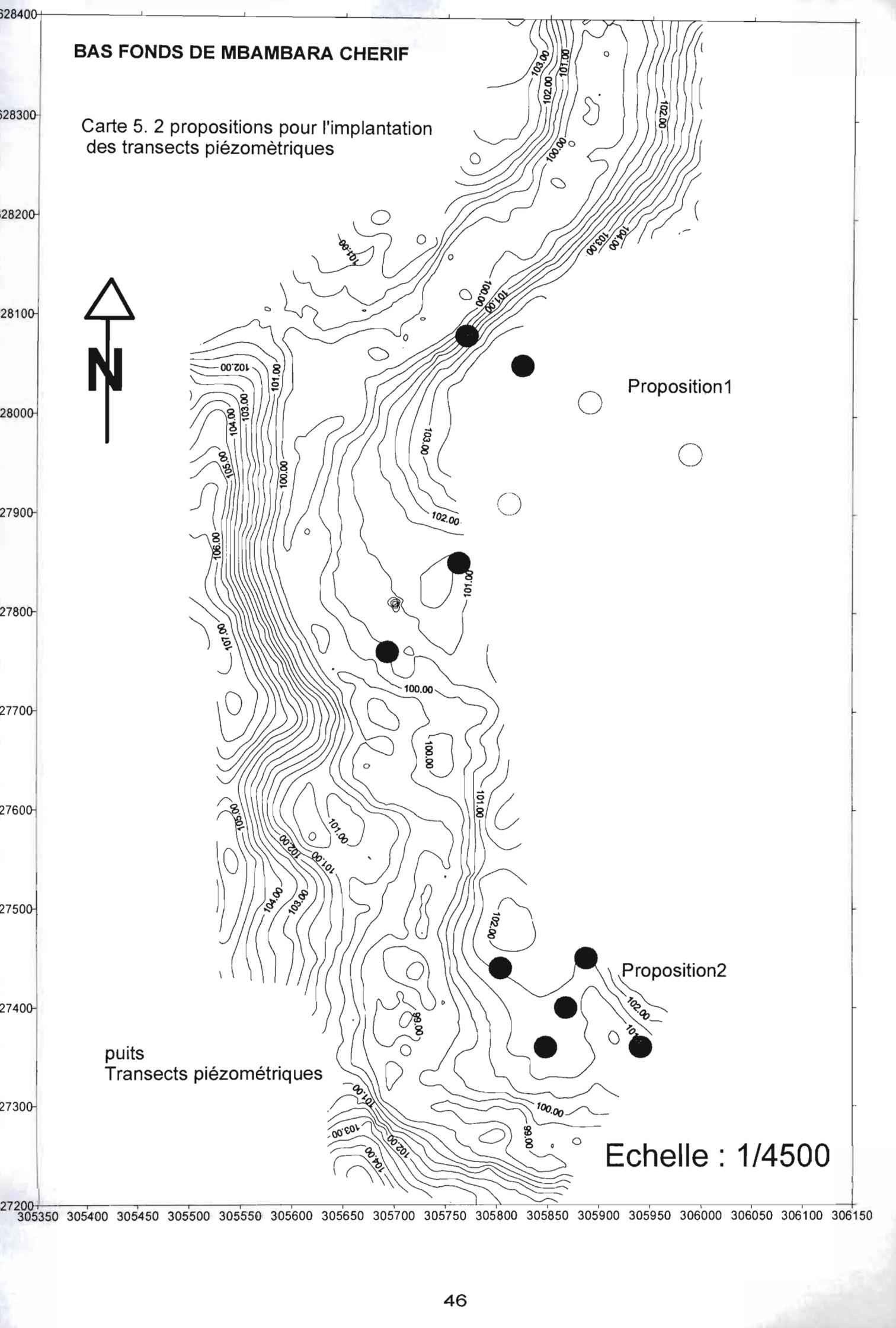
Proposition 1 : Quatre transects sont implantés aux endroits indiqués dans le tableau 13. Les transects 1 et 2 sont dans l'alignement des puits 1 et 2. Les transects 3 et 4 sont dans l'alignement des puits 1 et 3. L'ensemble forme deux lignes perpendiculaires.

Proposition 2 : Cinq transects sont implantés aux endroits indiqués dans le tableau 14.

Les cinq transects sont disposés de telle sorte qu'ils forment une croix. La carte 5 montre la position des transects pour les deux propositions.

# BAS FONDS DE MBAMBARA CHERIF

Carte 5. 2 propositions pour l'implantation des transects piézométriques



puits  
Transects piézométriques

Proposition 1

Proposition 2

Echelle : 1/4500

**Tableau13. Coordonnées des transects de la 1<sup>ère</sup> proposition**

| Nom        | Est UTM | Nord UTM |
|------------|---------|----------|
| Transect 1 | 305825  | 1628050  |
| Transect 2 | 305770  | 1628080  |
| Transect3  | 305693  | 1627760  |
| Transect4  | 305763  | 1627850  |

**Tableau 14. Coordonnées des transects de la 2<sup>ème</sup> proposition**

| Nom        | Est UTM | Nord UTM |
|------------|---------|----------|
| Transect 1 | 305888  | 1627450  |
| Transect 2 | 305868  | 1627400  |
| Transect 3 | 305848  | 1627360  |
| Transect 4 | 305804  | 1627440  |
| Transect 5 | 305841  | 1627360  |

## CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

L'étude qui vient d'être menée entre dans le cadre des mesures envisagées par la Caritas-Thiès pour appuyer les populations de MBambara Chérif et de Sangal Oualof dans leurs luttes contre la sécheresse. Elle a consisté dans un premier temps en une étude du milieu pour se fixer des objectifs. Dans un deuxième temps un MNT est élaboré à partir duquel des résultats sont obtenus.

De ces résultats, deux propositions sont faites en dehors de celle du CIEH qui propose une digue à tous les 50m :

La première proposition consiste à placer trois digues filtrantes notées digue 1, digue 2 et digue3 aux endroits précisés respectivement dans les tableaux 7, 8 et 9. Les altitudes de plan d'eau dans le repère arbitraire du relevé sont maintenues pour les digues 1, 2 et 3 à 100.5 m, 100.25 m et 100 m respectivement.

La deuxième solution propose une digue déversante à l'endroit indiqué dans le tableau 9.

La hauteur du plan d'eau serait fixée à 100.5 m.

La première proposition qui consiste à implanter 3 digues filtrantes rend possible globalement les cultures suivantes :

- du riz pluvial sur 5,4ha ;
- sorgho et maïs sur 10,7 ha ;
- association de culture mil - arachide sur une superficie de 10.9 ha.

Les digues filtrantes peuvent être colmatées lorsque la culture du riz pluvial est envisagée. Le colmatage proposé est de mettre une couche d'argile de 20 cm d'épaisseur bien compactée devant les digues.

Avec la deuxième proposition ; l'implantation d'une digue déversante, les cultures suivantes sont rendues possibles :

- le maraîchage ;
- sorgho, maïs sur 4.1 ha ;
- Association arachide mil sur 10.9 ha.

Ces résultats obtenus complétés avec un bon dimensionnement des ouvrages devra améliorer les conditions de vie des villageois de Mbambara-Chérif et Sangal Oualof.

Des points sont également proposés pour l'implantation des transects piézométriques.

La construction de digues supplémentaires peut être envisagée plus tard pour profiter des nouveaux champs de la sédimentation d'une part, et de maintenir l'effet d'épandage de l'eau en amont des vieilles digues d'autre part.

Les digues doivent être entretenues et renforcées par une bande de végétation ou par des nouvelles pierres.

Une diguette d'une couche d'argile de 20cm d'épaisseur implantée à la limite du village de Sangal Oualof serait une très bonne chose pour la promotion de l'arboriculture dans cette zone.

|                                  |
|----------------------------------|
| <b>.Nomenclature des figures</b> |
|                                  |

**Figure 1** : Courbes hypsométriques

**Figure2.a** : Evolution volume de retenue en fonction de l'altitude du plan d'eau pour 19digues

**Figure2.b** : Evolution surface cultivable en fonction de l'altitude du plan d'eau pour 19 digues

**Figure 3.a** : Evolution volume de retenue en fonction de l'altitude du plan d'eau pour les 3digues

**Figure 3.b** : Evolution surface cultivable en fonction de l'altitude du plan d'eau pour les 3 digues

**Figure4 .a** : Profil en travers sur l'axe de la digue1

**Figure 4. b** : Profil en travers sur l'axe de la digue2

**Figure c** : Profil en travers sur l'axe de la digue3

**Figure 5** : Profil en long du bas-fond

## Nomenclature des tableaux

- Tableau 1 :** Aspects négatifs de la situation actuelle
- Tableau 2 :** Coordonnées des stations
- Tableau 3 :** Répartition hypsométrique
- Tableau 4.a :** Relation surface cultivable altitude plan d'eau
- Tableau 4.b :** Relation volume cultivable altitude plan d'eau
- Tableau 5 :** Coordonnées des stations 1, 2, ..., 19
- Tableau 6.a :** Relation volume de retenue altitude plan d'eau dans chaque zone
- Tableau 6.b :** Relation surface cultivable altitude plan d'eau dans chaque zone
- Tableau 7 :** Coordonnées de la section 1
- Tableau 8 :** Coordonnées de la section 2
- Tableau 9 :** Coordonnées de la section 3
- Tableau 10 :** Quantité de matériaux pour différentes valeurs de H
- Tableau 11.a :** Résultats de la solution 1
- Tableau 11.b :** Résultats de la solution 2
- Tableau 12 :** Quantité de matériaux pour les 3 digues
- Tableau 13 :** Coordonnées des transects de la proposition 1
- Tableau 14 :** Coordonnées des transects de la proposition 2
- Tableau 15 :** Coordonnées des transects de la proposition 3

## **Annexe1**

**CALCULS DE SURFACE ET DE VOLUME DE RETENUE  
POUR LA SIMULATION.  
16 POSITIONS DE DIGUE**

VOLUME COMPUTATIONS

UPPER SURFACE

Level Surface defined by Z = 98

LOWER SURFACE

Grid File: C:/BAMBARA/DIGUE1.GRD  
Grid size as read: 201 cols by 481 rows  
Delta X: 2.5  
Delta Y: 2.5  
X-Range: 305500 to 306000  
Y-Range: 1.6272E+006 to 1.6284E+006  
Z-Range: 99.1046 to 106.118

VOLUMES

Approximated Volume by  
Trapezoidal Rule: -186863  
Simpson's Rule: -187346  
Simpson's 3/8 Rule: -187143

CUT & FILL VOLUMES

Positive Volume [Cut]: 0  
Negative Volume [Fill]: 186863  
Cut minus Fill: -186863

AREAS

Positive Planar Area  
(Upper above Lower): 0  
Negative Planar Area  
(Lower above Upper): 49159.4  
Blanked Planar Area: 550841  
Total Planar Area: 600000  
  
Positive Surface Area  
(Upper above Lower): 0  
Negative Surface Area  
(Lower above Upper): 49242.4

VOLUME COMPUTATIONS

UPPER SURFACE

Level Surface defined by Z = 99

LOWER SURFACE

Grid File: C:/BAMBARA/DIGUE1.GRD  
Grid size as read: 201 cols by 481 rows  
Delta X: 2.5  
Delta Y: 2.5  
X-Range: 305500 to 306000  
Y-Range: 1.6272E+006 to 1.6284E+006  
Z-Range: 99.1046 to 106.118

VOLUMES

Approximated Volume by  
Trapezoidal Rule: -136513  
Simpson's Rule: -136888  
Simpson's 3/8 Rule: -136727

CUT & FILL VOLUMES

Positive Volume [Cut]: 0  
Negative Volume [Fill]: 136513  
Cut minus Fill: -136513

AREAS

Positive Planar Area  
(Upper above Lower): 0  
Negative Planar Area  
(Lower above Upper): 49159.4  
Blanked Planar Area: 550841  
Total Planar Area: 600000  
  
Positive Surface Area  
(Upper above Lower): 0  
Negative Surface Area  
(Lower above Upper): 49242.4

VOLUME COMPUTATIONS

UPPER SURFACE

Level Surface defined by  $Z = 100.5$

LOWER SURFACE

Grid File: C:/BAMBARA/DIGUE1.GRD

Grid size as read: 201 cols by 481 rows

Delta X: 2.5

Delta Y: 2.5

X-Range: 305500 to 306000

Y-Range: 1.6272E+006 to 1.6284E+006

Z-Range: 99.1046 to 106.118

VOLUMES

Approximated Volume by

Trapezoidal Rule: -60987.8

Simpson's Rule: -61200.1

Simpson's 3/8 Rule: -61103.9

CUT & FILL VOLUMES

Positive Volume [Cut]: 9463.61

Negative Volume [Fill]: 70451.4

Cut minus Fill: -60987.8

AREAS

Positive Planar Area

(Upper above Lower): 18095.7

Negative Planar Area

(Lower above Upper): 31063.6

Blanked Planar Area: 550841

Total Planar Area: 600000

Positive Surface Area

(Upper above Lower): 18107.2

Negative Surface Area

(Lower above Upper): 31135.2

VOLUME COMPUTATIONS

UPPER SURFACE

Level Surface defined by Z = 98

LOWER SURFACE

Grid File: C:/BAMBARA/DIGUE2.GRD

Grid size as read: 201 cols by 481 rows

Delta X: 2.5

Delta Y: 2.5

X-Range: 305500 to 306000

Y-Range: 1.6272E+006 to 1.6284E+006

Z-Range: 98.6202 to 107.649

VOLUMES

Approximated Volume by

Trapezoidal Rule: -614417

Simpson's Rule: -615632

Simpson's 3/8 Rule: -615108

CUT & FILL VOLUMES

Positive Volume [Cut]: 0

Negative Volume [Fill]: 614417

Cut minus Fill: -614417

AREAS

Positive Planar Area

(Upper above Lower): 0

Negative Planar Area

(Lower above Upper): 165903

Blanked Planar Area: 434097

Total Planar Area: 600000

Positive Surface Area

(Upper above Lower): 0

Negative Surface Area

(Lower above Upper): 166176

VOLUME COMPUTATIONS

UPPER SURFACE

Level Surface defined by Z = 99

LOWER SURFACE

Grid File: C:/BAMBARA/DIGUE2.GRD  
Grid size as read: 201 cols by 481 rows  
Delta X: 2.5  
Delta Y: 2.5  
X-Range: 305500 to 306000  
Y-Range: 1.6272E+006 to 1.6284E+006  
Z-Range: 98.6202 to 107.649

VOLUMES

Approximated Volume by  
Trapezoidal Rule: -445817  
Simpson's Rule: -446807  
Simpson's 3/8 Rule: -446374

CUT & FILL VOLUMES

Positive Volume [Cut]: 0.669941  
Negative Volume [Fill]: 445818  
Cut minus Fill: -445817

AREAS

Positive Planar Area  
(Upper above Lower): 5.28949  
Negative Planar Area  
(Lower above Upper): 165898  
Blanked Planar Area: 434097  
Total Planar Area: 600000  
  
Positive Surface Area  
(Upper above Lower): 5.65957  
Negative Surface Area  
(Lower above Upper): 166171

VOLUME COMPUTATIONS

UPPER SURFACE

Level Surface defined by  $Z = 99.75$

LOWER SURFACE

Grid File: C:/BAMBARA/DIGUE2.GRD

Grid size as read: 201 cols by 481 rows

Delta X: 2.5

Delta Y: 2.5

X-Range: 305500 to 306000

Y-Range: 1.6272E+006 to 1.6284E+006

Z-Range: 98.6202 to 107.649

VOLUMES

Approximated Volume by

Trapezoidal Rule: -319367

Simpson's Rule: -320188

Simpson's 3/8 Rule: -319823

CUT & FILL VOLUMES

Positive Volume [Cut]: 2675.69

Negative Volume [Fill]: 322043

Cut minus Fill: -319367

AREAS

Positive Planar Area

(Upper above Lower): 17215.9

Negative Planar Area

(Lower above Upper): 148687

Blanked Planar Area: 434097

Total Planar Area: 600000

Positive Surface Area

(Upper above Lower): 17226

Negative Surface Area

(Lower above Upper): 148951

VOLUME COMPUTATIONS

UPPER SURFACE

Level Surface defined by Z = 100.25

LOWER SURFACE

Grid File: C:/BAMBARA/DIGUE2.GRD  
Grid size as read: 201 cols by 481 rows  
Delta X: 2.5  
Delta Y: 2.5  
X-Range: 305500 to 306000  
Y-Range: 1.6272E+006 to 1.6284E+006  
Z-Range: 98.6202 to 107.649

VOLUMES

Approximated Volume by  
Trapezoidal Rule: -235067  
Simpson's Rule: -235775  
Simpson's 3/8 Rule: -235456

CUT & FILL VOLUMES

Positive Volume [Cut]: 20571.2  
Negative Volume [Fill]: 255638  
Cut minus Fill: -235067

AREAS

Positive Planar Area  
(Upper above Lower): 48315.6  
Negative Planar Area  
(Lower above Upper): 117588  
Blanked Planar Area: 434097  
Total Planar Area: 600000  
  
Positive Surface Area  
(Upper above Lower): 48351.7  
Negative Surface Area  
(Lower above Upper): 117825

VOLUME COMPUTATIONS

UPPER SURFACE

Level Surface defined by Z = 100.75

LOWER SURFACE

Grid File: C:/BAMBARA/DIGUE2.GRD  
Grid size as read: 201 cols by 481 rows  
Delta X: 2.5  
Delta Y: 2.5  
X-Range: 305500 to 306000  
Y-Range: 1.6272E+006 to 1.6284E+006  
Z-Range: 98.6202 to 107.649

VOLUMES

Approximated Volume by  
Trapezoidal Rule: -150767  
Simpson's Rule: -151363  
Simpson's 3/8 Rule: -151088

CUT & FILL VOLUMES

Positive Volume [Cut]: 49615.4  
Negative Volume [Fill]: 200383  
Cut minus Fill: -150767

AREAS

Positive Planar Area  
(Upper above Lower): 68360.6  
Negative Planar Area  
(Lower above Upper): 97542.5  
Blanked Planar Area: 434097  
Total Planar Area: 600000  
  
Positive Surface Area  
(Upper above Lower): 68427.6  
Negative Surface Area  
(Lower above Upper): 97748.9

VOLUME COMPUTATIONS

UPPER SURFACE

Level Surface defined by Z = 98

LOWER SURFACE

Grid File: C:/BAMBARA/DIGUE3.GRD  
Grid size as read: 201 cols by 481 rows  
Delta X: 2.5  
Delta Y: 2.5  
X-Range: 305500 to 306000  
Y-Range: 1.6272E+006 to 1.6284E+006  
Z-Range: 98.1805 to 107.684

VOLUMES

Approximated Volume by  
Trapezoidal Rule: -1.0459E+006  
Simpson's Rule: -1.0465E+006  
Simpson's 3/8 Rule: -1.04623E+006

CUT & FILL VOLUMES

Positive Volume [Cut]: 0  
Negative Volume [Fill]: 1.0459E+006  
Cut minus Fill: -1.0459E+006

AREAS

Positive Planar Area  
(Upper above Lower): 0  
Negative Planar Area  
(Lower above Upper): 303975  
Blanked Planar Area: 296025  
Total Planar Area: 600000  
  
Positive Surface Area  
(Upper above Lower): 0  
Negative Surface Area  
(Lower above Upper): 304423

VOLUME COMPUTATIONS

UPPER SURFACE

Level Surface defined by Z = 99

LOWER SURFACE

Grid File: C:/BAMBARA/DIGUE3.GRD  
Grid size as read: 201 cols by 481 rows  
Delta X: 2.5  
Delta Y: 2.5  
X-Range: 305500 to 306000  
Y-Range: 1.6272E+006 to 1.6284E+006  
Z-Range: 98.1805 to 107.684

VOLUMES

Approximated Volume by  
Trapezoidal Rule: -737756  
Simpson's Rule: -738215  
Simpson's 3/8 Rule: -737991

CUT & FILL VOLUMES

Positive Volume [Cut]: 657.889  
Negative Volume [Fill]: 738414  
Cut minus Fill: -737756

AREAS

Positive Planar Area  
(Upper above Lower): 4829.9  
Negative Planar Area  
(Lower above Upper): 299145  
Blanked Planar Area: 296025  
Total Planar Area: 600000  
  
Positive Surface Area  
(Upper above Lower): 4833.25  
Negative Surface Area  
(Lower above Upper): 299590

VOLUME COMPUTATIONS

UPPER SURFACE

Level Surface defined by Z = 100

LOWER SURFACE

Grid File: C:/BAMBARA/DIGUE3.GRD  
Grid size as read: 201 cols by 481 rows  
Delta X: 2.5  
Delta Y: 2.5  
X-Range: 305500 to 306000  
Y-Range: 1.6272E+006 to 1.6284E+006  
Z-Range: 98.1805 to 107.684

VOLUMES

Approximated Volume by  
Trapezoidal Rule: -429609  
Simpson's Rule: -429924  
Simpson's 3/8 Rule: -429756

CUT & FILL VOLUMES

Positive Volume [Cut]: 37149.3  
Negative Volume [Fill]: 466758  
Cut minus Fill: -429609

AREAS

Positive Planar Area  
(Upper above Lower): 84948.2  
Negative Planar Area  
(Lower above Upper): 219027  
Blanked Planar Area: 296025  
Total Planar Area: 600000

Positive Surface Area  
(Upper above Lower): 85010.5  
Negative Surface Area  
(Lower above Upper): 219413

VOLUME COMPUTATIONS

UPPER SURFACE

Level Surface defined by Z = 100.5

LOWER SURFACE

Grid File: C:/BAMBARA/DIGUE3.GRD

Grid size as read: 201 cols by 481 rows

Delta X: 2.5

Delta Y: 2.5

X-Range: 305500 to 306000

Y-Range: 1.6272E+006 to 1.6284E+006

Z-Range: 98.1805 to 107.684

VOLUMES

Approximated Volume by

Trapezoidal Rule: -275535

Simpson's Rule: -275779

Simpson's 3/8 Rule: -275638

CUT & FILL VOLUMES

Positive Volume [Cut]: 88978.6

Negative Volume [Fill]: 364514

Cut minus Fill: -275535

AREAS

Positive Planar Area

(Upper above Lower): 121175

Negative Planar Area

(Lower above Upper): 182800

Blanked Planar Area: 296025

Total Planar Area: 600000

Positive Surface Area

(Upper above Lower): 121289

Negative Surface Area

(Lower above Upper): 183134

## **Annexe2**

# **SIMULATION :PROPOSITION POUR L'IMPLANTATION DES TRANSECTS PIEZOMETRIQUES**

## Simulation pour l'implantation de transects piézométriques

| Est UTM | Nord UTM | Z UTM   | n° de la ligne |
|---------|----------|---------|----------------|
| 305776  | 1628110  | 99.7782 | 1              |
| 305778  | 1628110  | 99.8862 | 1              |
| 305779  | 1628110  | 100.004 | 1              |
| 305780  | 1628110  | 100.125 | 1              |
| 305782  | 1628110  | 100.38  | 1              |
| 305783  | 1628100  | 100.484 | 1              |
| 305785  | 1628100  | 100.842 | 1              |
| 305785  | 1628100  | 100.894 | 1              |
| 305788  | 1628100  | 101.332 | 1              |
| 305788  | 1628100  | 101.352 | 1              |
| 305790  | 1628100  | 101.782 | 1              |
| 305791  | 1628100  | 101.859 | 1              |
| 305793  | 1628100  | 102.179 | 1              |
| 305793  | 1628100  | 102.309 | 1              |
| 305795  | 1628090  | 102.521 | 1              |
| 305796  | 1628090  | 102.681 | 1              |
| 305798  | 1628090  | 102.809 | 1              |
| 305799  | 1628090  | 102.978 | 1              |
| 305800  | 1628090  | 103.053 | 1              |
| 305802  | 1628090  | 103.215 | 1              |
| 305803  | 1628090  | 103.246 | 1              |
| 305805  | 1628090  | 103.405 | 1              |
| 305808  | 1628080  | 103.543 | 1              |
| 305808  | 1628080  | 103.564 | 1              |
| 305810  | 1628080  | 103.66  | 1              |
| 305811  | 1628080  | 103.694 | 1              |
| 305813  | 1628080  | 94.3687 | 1              |
| 305814  | 1628080  | 94.3687 | 1              |
| 305815  | 1628080  | 94.3687 | 1              |
| 305817  | 1628080  | 94.3687 | 1              |
| 305818  | 1628070  | 94.3687 | 1              |
| 305820  | 1628070  | 94.3687 | 1              |
| 305820  | 1628070  | 94.3687 | 1              |
| 305822  | 1628070  | 94.3687 | 1              |
| 305823  | 1628070  | 94.3687 | 1              |
| 305825  | 1628070  | 94.3687 | 1              |
| 305825  | 1628070  | 94.3687 | 1              |
| 305828  | 1628070  | 94.3687 | 1              |
| 305828  | 1628070  | 94.3687 | 1              |
| 305830  | 1628060  | 94.3687 | 1              |
| 305831  | 1628060  | 94.3687 | 1              |
| 305833  | 1628060  | 94.3687 | 1              |
| 305834  | 1628060  | 94.3687 | 1              |
| 305835  | 1628060  | 94.3687 | 1              |
| 305837  | 1628060  | 94.3687 | 1              |
| 305838  | 1628060  | 94.3687 | 1              |
| 305840  | 1628060  | 94.3687 | 1              |
| 305840  | 1628050  | 94.3687 | 1              |
| 305843  | 1628050  | 94.3687 | 1              |
| 305843  | 1628050  | 94.3687 | 1              |
| 305845  | 1628050  | 94.3687 | 1              |
| 305846  | 1628050  | 94.3687 | 1              |
| 305848  | 1628050  | 94.3687 | 1              |
| 305849  | 1628050  | 94.3687 | 1              |

|        |         |         |   |
|--------|---------|---------|---|
| 305850 | 1628050 | 94.3687 | 1 |
| 305851 | 1628050 | 94.3687 | 1 |
| 305853 | 1628040 | 94.3687 | 1 |
| 305854 | 1628040 | 94.3687 | 1 |
| 305855 | 1628040 | 94.3687 | 1 |
| 305857 | 1628040 | 94.3687 | 1 |
| 305858 | 1628040 | 94.3687 | 1 |
| 305860 | 1628040 | 94.3687 | 1 |
| 305860 | 1628040 | 94.3687 | 1 |
| 305863 | 1628040 | 94.3687 | 1 |
| 305863 | 1628040 | 94.3687 | 1 |
| 305865 | 1628030 | 94.3687 | 1 |
| 305866 | 1628030 | 94.3687 | 1 |
| 305868 | 1628030 | 94.3687 | 1 |
| 305869 | 1628030 | 94.3687 | 1 |
| 305870 | 1628030 | 94.3687 | 1 |
| 305872 | 1628030 | 94.3687 | 1 |
| 305873 | 1628030 | 94.3687 | 1 |
| 305875 | 1628030 | 94.3687 | 1 |
| 305875 | 1628020 | 94.3687 | 1 |
| 305878 | 1628020 | 94.3687 | 1 |
| 305880 | 1628020 | 94.3687 | 1 |
| 305880 | 1628020 | 94.3687 | 1 |
| 305883 | 1628020 | 94.3687 | 1 |
| 305883 | 1628020 | 94.3687 | 1 |
| 305885 | 1628020 | 94.3687 | 1 |
| 305886 | 1628020 | 94.3687 | 1 |
| 305888 | 1628010 | 94.3687 | 1 |
| 305889 | 1628010 | 94.3687 | 1 |
| 305890 | 1628010 | 94.3687 | 1 |
| 305892 | 1628010 | 94.3687 | 1 |

|        |         |         |   |
|--------|---------|---------|---|
| 305829 | 1627310 | 100.321 | 2 |
| 305830 | 1627310 | 100.505 | 2 |
| 305830 | 1627310 | 100.513 | 2 |
| 305831 | 1627320 | 100.649 | 2 |
| 305832 | 1627320 | 100.73  | 2 |
| 305833 | 1627320 | 100.739 | 2 |
| 305833 | 1627320 | 100.761 | 2 |
| 305834 | 1627320 | 100.789 | 2 |
| 305835 | 1627320 | 100.818 | 2 |
| 305835 | 1627330 | 100.85  | 2 |
| 305837 | 1627330 | 100.953 | 2 |
| 305838 | 1627330 | 101.064 | 2 |
| 305838 | 1627330 | 101.071 | 2 |
| 305839 | 1627330 | 101.15  | 2 |
| 305840 | 1627340 | 101.178 | 2 |
| 305840 | 1627340 | 101.176 | 2 |
| 305841 | 1627340 | 101.15  | 2 |
| 305842 | 1627340 | 101.117 | 2 |
| 305843 | 1627340 | 101.1   | 2 |
| 305843 | 1627340 | 101.088 | 2 |
| 305844 | 1627350 | 101.062 | 2 |
| 305845 | 1627350 | 101.043 | 2 |
| 305845 | 1627350 | 101.042 | 2 |

|        |         |         |   |
|--------|---------|---------|---|
| 305846 | 1627350 | 101.029 | 2 |
| 305847 | 1627350 | 101.027 | 2 |
| 305848 | 1627350 | 101.029 | 2 |
| 305848 | 1627360 | 101.036 | 2 |
| 305849 | 1627360 | 101.051 | 2 |
| 305850 | 1627360 | 101.061 | 2 |
| 305850 | 1627360 | 101.068 | 2 |
| 305852 | 1627360 | 101.089 | 2 |
| 305853 | 1627360 | 101.11  | 2 |
| 305853 | 1627370 | 101.111 | 2 |
| 305854 | 1627370 | 101.131 | 2 |
| 305855 | 1627370 | 101.15  | 2 |
| 305855 | 1627370 | 101.154 | 2 |
| 305856 | 1627370 | 101.164 | 2 |
| 305857 | 1627380 | 101.174 | 2 |
| 305858 | 1627380 | 101.178 | 2 |
| 305858 | 1627380 | 101.18  | 2 |
| 305859 | 1627380 | 101.181 | 2 |
| 305860 | 1627380 | 101.18  | 2 |
| 305860 | 1627380 | 101.18  | 2 |
| 305861 | 1627390 | 101.184 | 2 |
| 305862 | 1627390 | 101.2   | 2 |
| 305863 | 1627390 | 101.206 | 2 |
| 305863 | 1627390 | 101.228 | 2 |
| 305864 | 1627390 | 101.262 | 2 |
| 305865 | 1627390 | 101.285 | 2 |
| 305865 | 1627400 | 101.3   | 2 |
| 305867 | 1627400 | 101.335 | 2 |
| 305868 | 1627400 | 101.361 | 2 |
| 305868 | 1627400 | 101.363 | 2 |
| 305869 | 1627400 | 101.367 | 2 |
| 305870 | 1627410 | 101.353 | 2 |
| 305870 | 1627410 | 101.348 | 2 |
| 305871 | 1627410 | 101.328 | 2 |
| 305872 | 1627410 | 101.305 | 2 |
| 305873 | 1627410 | 101.296 | 2 |
| 305873 | 1627410 | 101.29  | 2 |
| 305874 | 1627420 | 101.286 | 2 |
| 305875 | 1627420 | 101.293 | 2 |
| 305875 | 1627420 | 101.293 | 2 |
| 305876 | 1627420 | 101.306 | 2 |
| 305877 | 1627420 | 101.324 | 2 |
| 305878 | 1627420 | 101.33  | 2 |
| 305878 | 1627430 | 101.345 | 2 |
| 305879 | 1627430 | 101.363 | 2 |
| 305880 | 1627430 | 101.369 | 2 |
| 305880 | 1627430 | 101.374 | 2 |
| 305882 | 1627430 | 101.384 | 2 |
| 305883 | 1627430 | 101.392 | 2 |
| 305883 | 1627440 | 101.393 | 2 |
| 305884 | 1627440 | 101.402 | 2 |
| 305885 | 1627440 | 101.412 | 2 |
| 305885 | 1627440 | 101.414 | 2 |
| 305886 | 1627440 | 101.425 | 2 |
| 305887 | 1627450 | 101.447 | 2 |
| 305888 | 1627450 | 101.464 | 2 |

|                                  |
|----------------------------------|
| <b>.Nomenclature des figures</b> |
|                                  |

**Figure 1** : Courbes hypsométriques

**Figure2.a** : Evolution volume de retenue en fonction de l'altitude du plan d'eau pour 19digues

**Figure2.b** : Evolution surface cultivable en fonction de l'altitude du plan d'eau pour 19 digues

**Figure 3.a** :Evolution volume de retenue en fonction de l'altitude du plan d'eau pour les 3digues

**Figure 3.b** :Evolution surface cultivable en fonction de l'altitude du plan d'eau pour les 3 digues

**Figure4 .a** : Profil en travers sur l'axe de la digue1

**Figure 4. b** : Profil en travers sur l'axe de la digue2

**Figure c** : Profil en travers sur l'axe de la digue3

**Figure 5** : Profil en long du bas-fond

## Nomenclature des cartes

- Carte 1 : Carte de la zone
- Carte 2 : Simulation de surface et de volume de retenue
- Carte 3 : Emplacement des 3 digues filtrantes
- Carte 4 : Aménagement avec 1 digue déversante à la section 3
- Carte 5 : Position des transects piézométriques
- Carte 6.a : Effet de la digue filtrante 1
- Carte 6.b : Effet de la digue filtrante 2
- Carte 6.c : Effet de la digue filtrante 3
- Carte 7 : Aménagement avec 1 digue déversante

## Nomenclature des tableaux

- Tableau 1 :** Aspects négatifs de la situation actuelle
- Tableau 2 :** Coordonnées des stations
- Tableau 3 :** Répartition hypsométrique
- Tableau 4.a :** Relation surface cultivable altitude plan d'eau
- Tableau 4.b :** Relation volume cultivable altitude plan d'eau
- Tableau 5 :** Coordonnées des stations 1, 2,...,19
- Tableau 6.a :** Relation volume de retenue altitude plan d'eau dans chaque zone
- Tableau 6.b :** Relation surface cultivable altitude plan d'eau dans chaque zone
- Tableau 7 :** Coordonnées de la section 1
- Tableau 8 :** Coordonnées de la section 2
- Tableau 9 :** Coordonnées de la section 3
- Tableau 10 :** Quantité de matériaux pour différentes valeurs de H
- Tableau 11.a :** Résultats de la solution 1
- Tableau 11.b :** Résultats de la solution 2
- Tableau 12 :** Quantité de matériaux pour les 3 digues
- Tableau 13 :** Coordonnées des transects de la proposition 1
- Tableau 14 :** Coordonnées des transects de la proposition 2
- Tableau 15 :** Coordonnées des transects de la proposition 3

## Table des matières

|   |                  |
|---|------------------|
| <b>INTRODUCTION .....</b>                   | <b>. 1...2</b>   |
| <br>  |                  |
| <b>PARTIE 1 DESIGN DU PROJET .....</b>      | <b>3...19</b>    |
| <br>  |                  |
| <b>I. FORMULATION DU PROBLÈME.....</b>      | <b>4...9</b>     |
| <b>Analyse des besoins.....</b>             | <b>4...5</b>     |
| <b>Données du milieu.....</b>               | <b>... 5...8</b> |
| Caractéristiques physiques.....             | 5                |
| Données démographiques.....                 | 5                |
| Organisation sociale.....                   | 6                |
| Système de production.....                  | 6...7            |
| Données hydrauliques.....                   | 7                |
| Problèmes fonciers.....                     | 7...8            |
| <b>Objectifs des villageois.....</b>        | <b>8...9</b>     |
| <br>  |                  |
| <b>II. RECHERCHE DE SOLUTIONS.....</b>      | <b>10...12</b>   |
| <br>  |                  |
| <b>Ouvrages de stockage des crues.....</b>  | <b>10</b>        |
| Petits barrages.....                        | 10               |
| Mares artificielles.....                    | 10               |
| <b>Ouvrages d'épandage des crues.....</b>   | <b>11</b>        |
| Digues déversantes.....                     | 11               |
| Digues filtrantes.....                      | 11               |
| Micro-barrages à fonctionnement mixte ..... | 11               |

|   |                 |
|---|-----------------|
| <b>III. ÉTUDE PRÉLIMINAIRE .....</b>                                  | <b>13...18</b>  |
| <b>Succession de digues filtrantes.....</b>                           | <b>13...15</b>  |
| Présentation technique des solutions.....                             | 13              |
| Profil de la digue.....   | 14              |
| Evolution du fonctionnement d'une digue filtrante dans le temps ..... | 15              |
| <b>Combinaison digues filtrantes – mares artificielles.....</b>       | <b>16</b>       |
| Présentation technique.....   | 16              |
| Disposition des mares.....  | 16              |
| <b>Digues déversante.....</b>   | <b>16...17</b>  |
| <b>Les cultures.....</b>  | <b>17...18</b>  |
| <b>PARTIE II. ÉTUDE TOPOGRAPHIQUE.....</b>                            | <b>19...37</b>  |
| <b>I LE MNT.....</b>  | <b>20...22</b>  |
| Déroulement des levés topographiques.....                             | 20              |
| Données brutes.....   | 20              |
| Repérage et calage.....   | 21              |
| Calcul du MNT.....  | 22              |
| Zone d'emprunt de matériaux.....                                      | 22              |
| <b>II EXPLOITATION DU MNT.....</b>                                    | <b>.23...37</b> |
| <b>Simulation de surface et de volume de retenue.....</b>             | <b>24...32</b>  |
| <b>Proposition de solutions.....</b>                                  | <b>33...36</b>  |
| <b>Implantation de transects piézométriques.....</b>                  | <b>36...37</b>  |
| <b>CONCLUSION.....</b>  | <b>39...40</b>  |
| <b>CARTES</b>   |                 |
| <b>ANNEXES</b>  |                 |