



Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement
International Institute for Water and Environmental Engineering

MÉMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLÔME D'INGENIEUR EN HYDRAULIQUE ET SYSTEMES IRRIGUES



THEME :

CARACTERISTIQUES DU BARRAGE-AMENAGEMENT HYDROAGRICOLE DE MOUTORI (DANO) ET SCENARIOS D'UTILISATION DE L'EAU POUR UNE IRRIGATION EFFICIENTE ET DURABLE

Présenté et soutenu publiquement le 29/septembre/2010 par :

Gloriose NSHIMIRIMANA

Jury d'évaluation du stage :

Président : Pr YACOUBA Hamma

Membres:

- DA SILVEIRA K. Sewa
- NIANG Dial

Travaux dirigés par :

M^f Amadou KEITA

Enseignant chercheur au ZiE

Promotion : 2009-2010

REMERCIEMENTS

C'est avec plaisir que nous exprimons toute notre gratitude à ceux qui de près ou de loin ont contribué à la réussite de ce travail. Nous tenons à remercier plus particulièrement :

-M^r KEITA Amadou, enseignant chercheur au 2^{ie}, qui malgré ses multiples occupations, a accepté d'assurer notre encadrement ;

-Pr YACOUBA Hamma chef d'UTER GVEA, pour le choix de notre thème ;

-Tout le corps professoral de l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2^{ie}), pour la qualité de la formation qu'il nous a donné au cours de notre formation ;

-Tous nos collègues de Master HSI, pour le partage d'expériences tout au long de l'année académique;

-Toute la communauté burundaise résidant à Ouagadougou, pour leur soutien ;

Tous ceux qui, d'une manière ou d'une autre ont contribué à la réussite de notre travail trouvent ici l'expression de notre profonde gratitude.

DEDICACES

Je dédie ce mémoire,

- A Dieu tout puissant,
- A mes parents,
- A mes Frères et Sœurs,
- A mon époux Vincent NIBIGIRA, pour ses encouragements et son soutien,
- A mes fils, Ceteris Parvel INGABIRE et Lecuit Actas NIBIGIRA privés de l'affection d'une mère en quête du savoir,
- A ma fille Katia Sonia NIBIGIRA.

RESUME

La présente étude a pour but de donner les caractéristiques du barrage –aménagement hydro agricole de moutori (DANO) et scénarios d'utilisation de l'eau pour une irrigation efficiente et durable. Elle fera ressortir la topographie complète par imagerie satellitaire du site, les caractéristiques hydrologiques du bassin versant, les courbes hauteur-volume et hauteur-surface et enfin de faire les scénarios d'utilisation de l'eau pour l'irrigation.

Pour réaliser notre étude, nous avons procédé d'abord à la collecte des données à l'aide de la recherche documentaire puis les logiciels Google earth et arcview ont permis la reconstitutions de tout le réseau du périmètre, la délimitation du bassin versant du barrage, la réalisation de la carte topographique du périmètre et du bassin versant et la détermination de sa superficie et de son périmètre.

Il ressort de cette étude que le bassin versant a une superficie de $7,102\text{km}^2$, un périmètre de 9,6km, une pente modérée, une classe de perméabilité en R3(RI) et un indice global de pente de 39,32m/km. La courbe d'utilisation de la retenue a montré que la capacité du barrage n'a aucune contrainte pour satisfaire les besoins en eau d'irrigation et d'autres usagers malgré la mauvaise gestion de l'eau du barrage.

Les scénarios analysés concernent le riz et les cultures maraichères tout en considérant le maïs comme culture de référence. L'analyse de ces scénarios a montré que l'eau du barrage suffit pour satisfaire les besoins en eau de chacune de ces cultures, et celle qui en demande moins est le maïs.

Sur la gestion de l'eau du barrage, la voie d'amélioration proposée à travers les recommandations passe par l'initiation d'un programme de renforcement de capacité des exploitants et du comité de gestion en matière de gestion de l'eau.

Mots clés : barrage, caractéristique, irrigation, bassin versant, scénario.

SUMMARY

This study's objective is to give characteristics of the dam of water – hydroagricultural designing of Moutori (DANO) and the scenarios of the use of water for an efficient and durable irrigation while stressing thoroughly on a comprehensive topography by satellite imaging of the site, the hydrological characteristics of the hillside basin, the curved height-volume and height-surface lines and finally to make some scenarios of use of water for the irrigation.

In order to carry our study out, a lot of care has gone into data collection by means of the documentary research, using the Google earth and arcview softwares to proceed to the reconstitution of the whole network of the perimeter, the delimitation of the dam's hillside basin and determining its surface and perimeter.

The upshot of this study is that the hillside basin has 7.102 km² of surface area, 9.6 km of perimeter, a moderate slope, a category of permeability in R3 (RI), and a global index of the slope of 39.32 m/km. The curve of use of the restrained water has shown that the dam capacity does not have any constraint to meet the water requirements of irrigation and other water users in spite of the bad management of the water of the dam.

The surveyed scenarios concern the rice and market gardening while taking the maize for a reference crop. The analysis of these scenarios have shown that the water of the dam is enough to satisfy the water requirements of each of these crops among which maize is the one that requires less water.

Concerning the management of the water of the dam, some recommendations have been made, aiming at improving this particular domain; and the suggested better way goes through initiating a programme of strengthening farmers' capacity and a board of managers in water management.

Key words: dam, characteristics, irrigation, hillside basin, scenario

SIGLES ET ABREVIATIONS

A : Coefficient d'abattement

APD : Avant Projet Détaillé

BAD : Banque Africaine de Développement

BN : Besoin Net

CIEH : Comité Inter-Etats d'Etudes Hydrauliques

CP : Canal Primaire

CS : Canal Secondaire

CT : Canal Tertiaire

D : Dénivelée

DI : Dose globale d'Irrigation

DP : Drain Primaire

DS : Drain Secondaire

DSA : Direction de la Statistique Agricole

DT : Canal Tertiaire

EIER : Ecole Inter-Etats d'Ingénieur et d'Équipement Rural

ETM : Evapotranspiration Maximale

ETP : Evapotranspiration

FAO : Organisation des Nations unies pour l'Agriculture

H : Hauteur

ha : hectare

I : Pente longitudinale

Ic : Indice de forme

Ig : Indice Global

INSD : Institut National de la Statistique et de la Démographie

Kc : Coefficient Cultural

L : Longueur

m : mètre

m² : mètre carré

m³ : mètre cube

mm : millimètre

N : Fréquence

Nj : Nombre total de jours de la période

Nj : Nombre de jours réel d'irrigation

ONBAH : Office Nationale des Barrages et Aménagements Hydro-agricole

ORSTOM : Office de la Recherche d'Outre-mer-actuel Institut des Recherches pour le Développement(IRD)

P : Pluviométrie

Pe : Pluie efficace

P.E.N : Plan d'eau normal

PVC : Poly Vinyl Chloride

PNB : Produit National Brut

Q : Débit

R : Rotation

RN1 : Route Nationale1

S : Superficie

SIG : Système d'Information Géographique

SP : Saison Pluvieuse

T : Tour d'eau

TB : Temps de base

V : Volume

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Hauteurs de pluies des dix dernières années	7
Tableau 2: Effectifs de la population.....	8
Tableau 3: Données d'établissement de la courbe hypsométrique.....	18
Tableau 4: Paramètres utilisés dans le calcul de la crue décennale.....	21
Tableau 5: Description des CS du périmètre irrigué de moutori et leurs longueurs.....	23
Tableau 6: Longueurs des CT du périmètre irrigué de moutori	24
Tableau 7: Longueurs des drains du périmètre irrigué de moutori.....	25
Tableau 8: Longueur des pistes du périmètre irrigué de moutori.....	27
Tableau 9: Coefficients culturaux.....	28
Tableau 10: Paramètres pour le calcul des besoins en eau	29
Tableau 11 : Besoins en eau des animaux	30
Tableau 12: Apports de sédiments dans la retenue de Moutori.....	31
Tableau 13: Récapitulatif des besoins en eau et des pertes	31
Tableau 14: Nombre d'heures d'arrosage par semaine	35

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Localisation de Dano (source : SIG Burkina Faso)	6
Figure 2: site du stage sous Google Earth	10
Figure 3: Délimitation du bassin versant du barrage de Moutori réalisée sous Google Earth .	16
Figure 4: Courbe hypsométrique.....	19
Figure 5: Courbe de niveau du bassin versant du barrage de Moutori.....	22
Figure 6: Courbe de niveau du périmètre irrigué de Moutori	22
Figure 7: Réseau d'irrigation et de drainage du périmètre de Moutori réalisé sous Arcview ..	26
Figure 8: Réseau des pistes du périmètre de Moutori réalisé sous Arcview	27
Figure 9: Courbe Hauteur-Surface de la retenue.....	33
Figure 10: Courbe Hauteur – Volume de la retenue	33
Figure 11: Courbe d'utilisation de la retenue.....	34
Figure 12: Points critiques du périmètre de Moutori	39

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	3
I. APERCU GENERAL	4
I.1. Contexte et problématique	4
I.1.1. Contexte	4
I.1.2. Problématique	5
I.2. Présentation du milieu d'étude.....	5
I.2.1. Situation géographique	5
I.2.2. Le relief et le climat	6
I.2.3. Les sols et la végétation	7
I.2.4. Contexte administratif.....	8
I.2.5. La population	8
I.2.6. Agriculture et élevage	8
I.3. Présentation du Barrage et ses aménagements	9
I.3.1. Le Barrage.....	9
I.3.2. Périmètre irrigué	9
II. HYPOTHESES ET OBJECTIFS	11
II.1. Hypothèses.....	11
II.2. Objectifs.....	11
III. MATERIELS ET METHODES.....	12
III.1. Méthode d'analyse du fonctionnement du système d'irrigation.....	12
III. 1.1. Estimation des besoins en eau de la culture	12
III.1.2. Estimation des besoins en eau humains et pastoraux	13
III.2. Méthode de choix des paramètres d'irrigation	14
III.3. Méthodes d'établissement des courbes Hauteur-Volume et Hauteur-Surface	14
III.4. Méthodes d'établissement de la courbe d'utilisation de la retenue	15
IV. LES RESULTATS	16
IV.1. Le bassin versant du barrage de moutori.....	16
IV.1.1. Etudes hydrologiques	16
IV.1.1.1 Limites du bassin versant du barrage de Moutori	16
IV.1.1.2 Caractéristiques physiques du bassin versant.....	17
IV.1.1.3. Analyse des données pluviométriques	19
IV.1.1.4. Apports en eau.....	20
IV.1.1.5. Estimation du débit de crue exceptionnelle.....	20
IV.1.2. Etudes topographiques	21

IV.2. Analyse du fonctionnement du système d'irrigation, de drainage et de circulation.....	23
IV.2.1. Le réseau d'irrigation	23
IV.2.2. Le réseau de drainage	24
IV.2.3. Le réseau de circulation (pistes).....	26
IV.3. Estimation des besoins en eau.....	27
IV.3.1. Besoins en eau de la culture du maïs.....	28
IV.3.2. Besoins en eau des animaux.....	29
IV.4. Estimation des pertes en eau	30
IV.4.1. Perte par infiltration et évaporation.....	30
IV.4.2 Les pertes de volume dues aux dépôts solides	30
IV.5. Etablissement des courbes Hauteur-Volume et Hauteur-surface	32
IV.6. Etablissement de la courbe d'utilisation de la retenue	34
IV.7.1. Dose globale d'irrigation (DI).....	35
IV.7.2. Fréquence(N).....	36
IV.7.3. La Rotation(R)	36
IV.7.4. Tour d'eau(T).....	37
V. ANALYSE ET INTERPRETATION DES RESULTATS.....	38
VI .CONCLUSION ET RECOMMANDATION	42
BIBLIOGRAPHIE	44
ANNEXES.....	46
Annexe1 : Données d'établissement de la courbe Hauteur-volume et Hauteur-surface	47
Annexe2 : Levé topographique du bassin versant et du périmètre irrigué à partir de Google earth .	49
Annexe 3 : Besoins en eau de la culture du riz et les cultures maraichères	52

INTRODUCTION

L'importance de l'eau dans le développement des cultures a depuis longtemps incité l'homme à inventer des techniques d'irrigation. C'est une technique agricole qui se définit comme étant l'ensemble des techniques destinées à apporter aux végétaux, par le truchement du sol, les quantités d'eau nécessaires à un développement harmonieux (*L.COMPAORE 2003*).

Elle permet d'améliorer le rendement et la qualité d'une production végétale.

Le contexte sahélien, avec la rigueur du climat, se caractérise par la rareté des pluies et leur variation considérable dans le temps et dans l'espace et ce d'une année à l'autre .Cela fait de la mobilisation de la ressource en eau, un axe majeur pour le développement de l'économie de la région et aussi l'amélioration des conditions de vie des populations concernées.

Le Burkina Faso , pays enclavé de la zone soudano-sahélienne dont l'économie est dominée par l'agriculture et l'élevage, fait de la mobilisation des eaux de surface , une des priorités d'action .Aussi ,les autorités politiques de ce pays ,pour insuffler une dynamique de développement ,ont entrepris depuis les indépendances ,un vaste programme de construction de plusieurs retenues d'eau et l'aménagement de périmètres en aval de certains de ces ouvrages .De nos jours , beaucoup de barrages ont été réalisés à travers le pays .La majeure partie de ces barrages semble chaque jour menacée par divers facteurs anthropiques et naturels agissant autour des plans d'eau et dans leur bassin versant.

Parmi ces barrages,se trouve inscrit celui de moutori dans la localité de Dano,œuvre de la Fondation Dreyer depuis 2002.C'est ainsi que,pour la fin de notre formation en hydraulique et système irrigué au 2ie,un travail nous est proposé pour élaborer les caractéristiques du barrage/aménagement hydroagricole de moutori et proposer les scénarios d'utilisation de l'eau pour une irrigation efficiente et durable.La procédure définie pour y arriver,part d'une collecte des données à base de la revue documentaire et le traitement des données collectées qui nous a permis de faire une analyse et interprétation des résultats afin de dégager les conclusions et recommandations susceptibles d'améliorer les conditions d'utilisation des eaux du barrage pour une irrigation efficiente et durable.

I. APERCU GENERALE

I.1. CONTEXTE ET PROBLEMATIQUE

I.1.1. CONTEXTE

Le Burkina Faso connaît une faible productivité par habitant (870\$.US/an) (Annuaire économique et géopolitique mondiale 2001). Plusieurs raisons expliquent cette situation. Il s'agit entre autre :

- ❖ La forte densité démographique
- ❖ La faiblesse des ressources énergétiques naturelles (cours d'eau, richesse du sous-sol, etc.)
- ❖ Le faible développement industriel
- ❖ La faible productivité agricole

L'agriculture représente les 2/5 du PNB et occupe plus de 80% de la population. Sur 90% de superficie cultivée, on pratique une culture de subsistance telle que le sorgho, le mil et le niébé. Souvent les ressources en eau sont limitées, tant quantitativement que qualitativement, à cause surtout des conditions climatiques et hydrogéologiques variables d'un espace géographique à un autre. Ainsi, sous les tropiques, les régions soudano-sahéliennes sont réputées arides à cause surtout des pluviométries annuelles médiocres enregistrées et surtout à cause de l'évaporation très intense des eaux de surface.

Alors quelles attitudes adoptées ? Faut-il croiser les bras et attendre les pluies aux fréquences aléatoires ou migrer vers les zones les plus humides à la recherche de sites propices aux activités agricoles ? La réponse la plus responsable serait de se fixer sur son terroir et d'y mettre en œuvre toute la technicité efficace possible d'aménagement, notamment les barrages par excellence.

C'est ainsi qu'au Burkina plus de 2000 barrages hydro agricoles (DSA) ; toute catégorie confondue, sont construites et répartis sur l'ensemble du territoire. Cependant, nombreux de ces barrages, parmi lesquels figure celui de Moutori n'assurent pas un fonctionnement pérenne à cause des dégradations d'origines diverses .

La mauvaise conception, les facteurs climatiques, le manque de suivi et d'entretien et surtout la mauvaise gestion de l'eau contribuent, pour la plupart, à la dégradation hâtive de ces ouvrages.

Alors pour remédier à de telles situations, il va falloir mener une étude de caractérisation du barrage et d'analyse de scénarios d'utilisation de l'eau pour une irrigation efficiente et durable.

I.1.2 PROBLEMATIQUE

Depuis son aménagement, le périmètre irrigué de moutori a fait l'objet de plusieurs travaux d'études et de recherches en vue de la détermination des facteurs qui entravent son exploitation optimale.

Ces travaux révèlent que les principaux problèmes sont :

- Mauvais état de certains canaux d'irrigation
- Problème d'évacuation des eaux de ruissellement
- Mauvaise gestion des eaux du barrage.

I.2. PRESENTATION DU MILIEU D'ETUDE

I.2.1. SITUATION GEOGRAPHIQUE

Moutori est l'un des sept secteurs de la commune de Dano. Elle est située à environ 280 kilomètres au sud-ouest d'Ouagadougou. On y accède en empruntant la Route Nationale 1 (RN1) jusqu'à Pâ. Le périmètre, ainsi que la fondation Dreyer sont à quelques 2 km de cette route Pa-Dano, avant l'entrée dans cette ville. La figure suivante montre la localisation de Dano.

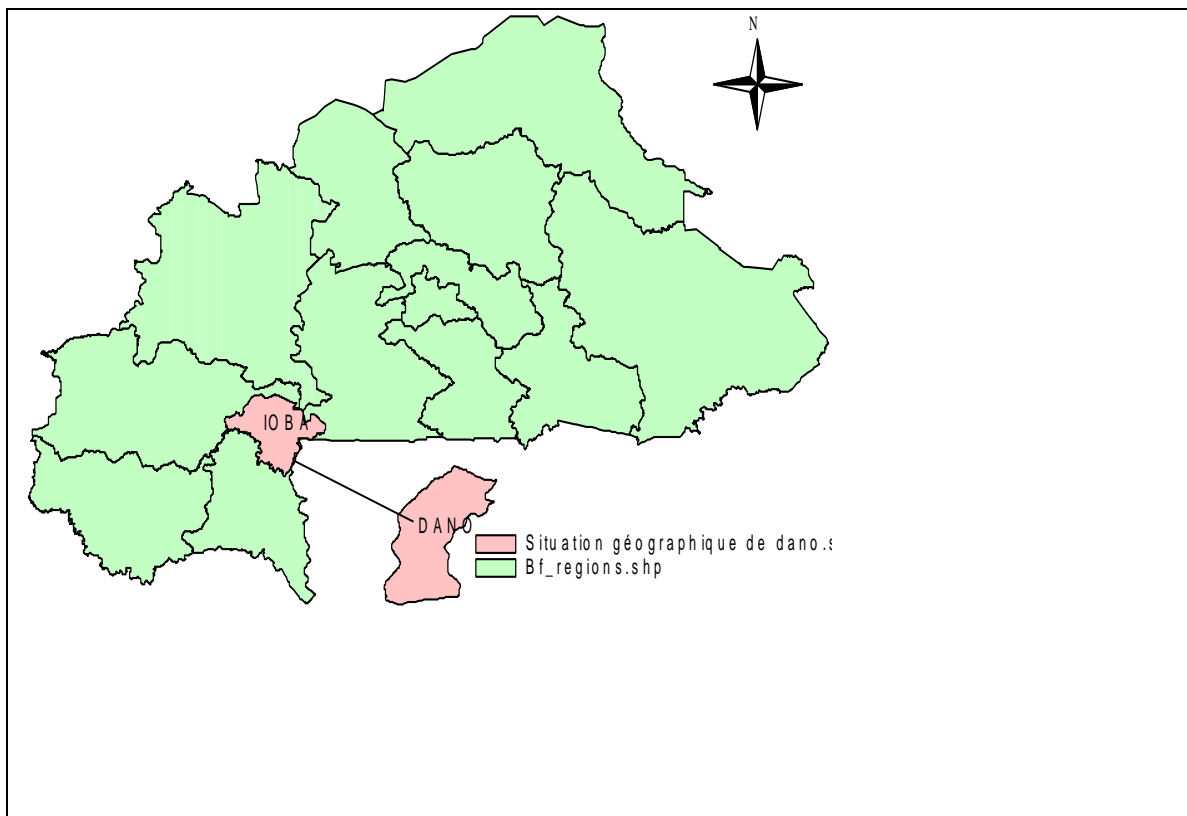


Figure 1: Localisation de Dano (source : SIG Burkina Faso)

1.2.2. LE RELIEF ET LE CLIMAT

➤ Le relief

Le relief de la commune de Dano est en général accidenté. En effet, il est constitué de chaînes de collines d'une altitude moyenne de 534 m avec des pentes, des plateaux de 300 m d'altitude environ et des plaines drainées par des cours d'eau.

➤ Le climat

La province du Ioba est située entre les isohyètes 900 et 1200 mm environ, avec une moyenne annuelle estimée à 1000 mm. Le climat est du type Soudanien, caractérisé par deux(2) saisons, une saison sèche longue (octobre à mars-avril) et une saison pluvieuse courte (avril à fin septembre).

Tableau 1: Hauteurs de pluies des dix dernières années

Années	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Hauteurs de pluies (mm)	1246.9	868.75	950.15	967.7	1193	974.9	788	1010.5	728.1	1269

Source : APD-Barrages de moutori(Dano)

I.2.3. LES SOLS ET LA VEGETATION

➤ Les sols

Trois types de sols se présentent dans la commune de Dano :

Les sols gravillonnaires, occupant un quart des surfaces, selon les estimations des agents techniques. Ils sont fréquents sur les terroirs sableux en surfaces, sablo-argileux en profondeur. Les sols à engorgement sur la moitié des surfaces, limono-sableux en surface et argileux en profondeur, de fertilité bonne car bien pourvu en matière organique.

Les sols ferrugineux lessivés sur un quart des surfaces, sableux en surface, argileux en profondeur, de perméabilité et de porosité médiocres. Ils sont sensibles à l'érosion hydrique et éolienne et ont une faible teneur en matière organique

➤ La végétation

Le couvert végétal de la commune connaît dans son ensemble une dégradation plus ou moins avancée suivant les terroirs de différents villages. Dans la jachère ancienne on a une savane boisée dont la strate est dominée par les espèces comme le karité et le néré ; dans les jachères récentes s'observe une savane arborée ; le long des cours d'eau, la végétation est une galerie forestière ; sur les buttes et les collines s'observe une mosaïque d'arbustes parmi lesquels *Combretum spp* est bien représenté.

1.2.4. CONTEXTE ADMINISTRATIF

Sur le plan administratif, la commune de Dano est le chef lieu de la province du Ioba qui compte huit (8) départements. Cette Province est limitée ; Au nord par la province des Balé ; A l'ouest par la province du Houet ; A l'est par la province de Ziro ; Au sud par la province de la Bougouriba. La commune de Dano compte sept (7) secteurs et 22 villages.

1.2.5. LA POPULATION

Les différents recensements de la population ont donné les effectifs suivants dans la commune de Dano :

Tableau 2: Effectifs de la population

Années	1996	2000	2005	2006	2010
Population de la commune	36416	38335	40872	41399	43577

Source : INSD projection de la population, Février 2004

1.2.6. AGRICULTURE ET ELEVAGE

L'agriculture demeure l'activité la plus importante dans la province sur le plan économique. Elle emploie plus de 90% des actifs et génère les revenus les plus substantiels pour les producteurs. La province dispose de terres disponibles aux fins agricoles qui vont en s'amenuisant avec la croissance démographique et les flux migratoires. Les terres sont destinées aux cultures céréalières, vivrières et de rente.

L'élevage est une activité pratiquée un peu partout dans la province. Une des caractéristiques de cette activité réside dans le fait que les exploitants autochtones sont à la fois agriculteurs et éleveurs. Les animaux font partie intégrante de l'exploitation familiale.

I.3. PRESENTATION DU BARRAGE ET SES AMENAGEMENTS

I.3.1. LE BARRAGE

Le Barrage de moutori fait partie de nombreux ouvrages du pays, réalisés pour faire face aux contraintes climatiques propres à la région. Il est destiné à retenir suffisamment d'eau pour répondre aux objectifs suivants :

- Irriguer un périmètre de vingt hectares (20ha) afin d'augmenter les revenus des paysans de la zone en permettant des cultures de contre saison et en sécurisant les pluvielles des aléas climatiques ;
- Assurer l'abreuvement des animaux.

Le Barrage est constitué d'une digue. Il est équipé d'un ouvrage de prise d'eau pour l'irrigation et d'un évacuateur de crue (déversoir+chenal d'évacuation). Sa capacité est estimée à 824500m³(ONABH, étude du barrage de moutori 1999).

I.3.2. PERIMETRE IRRIGUE

Le périmètre de Moutori est situé à 270 km d'Ouagadougou, en commune Dano, province du Ioba région du Sud-ouest. Les coordonnées géographiques du site sont les suivants: longitude : 3,0754°Ouest et latitude, 11,16028°Nord (Amadou K, Ismail G, Rapport de mission, 2009)

On y accède en utilisant la route nationale RN1 de Ouaga à Pa, puis en empruntant à gauche une route secondaire bitumée de Pa à Dano. Le périmètre couvre une superficie de quelques 20 ha réparties entre 80 exploitants soit une surface parcellaire de 0,25ha environ par exploitant, approvisionnés en eau par un barrage de volume totale au plan d'eau normal de 8.245 millions de m³. Il comprend trois blocs répartis le long de la plaine en aval du barrage et de part et d'autre de la margot. Ses caractéristiques sont :

- Un réseau d'irrigation gravitaire par canaux
- Un réseau de drainage ;
- Un réseau de circulation (pistes) ;
- Une digue.
- Date de la première mise en exploitation : 2002
- Mode de distribution de l'eau : tour d'eau

- Débits d'équipement : 60l/s
- Calendriers culturels prévus : SP : début juin, CS : début décembre
- Spéculation prévue : SP : oignon, riz ; CS : maïs



Figure 2: site du stage sous Google Earth

II. HYPOTHESES ET OBJECTIFS

II.1 .HYPOTHESES

De cette problématique découlent les hypothèses de travail suivantes :

H1 : Certains canaux en mauvais état sont liés au manque d'entretien

H2 : L'augmentation de ruissellement est liée à la topographie du bassin versant

H3: La mauvaise gestion de l'eau de la retenue est liée au non respect du tour d'eau.

II.2. OBJECTIFS

L'objectif global consiste à déterminer les principales caractéristiques et à proposer la gestion optimale du système d'irrigation du barrage/aménagement hydro agricole de moutori.

Plus spécifiquement, il s'agit de :

- Générer la topographie complète par imagerie satellitaire et photo aérienne de moutori
- Déterminer les caractéristiques hydrologiques du bassin versant du barrage de moutori
- Déterminer les courbes Hauteur-Volume et Hauteur-Surface du barrage et analyser les scénarios d'utilisation des eaux du barrage pour l'irrigation.

III .METHODOLOGIE

Les grands axes méthodologiques empruntés pour la conduite de cette étude sont la recherche documentaire, le traitement et l'analyse des données collectés.

La recherche documentaire a consisté à collecter dans la mesure du possible tout document, tout support ou toutes les données de base utiles à une bonne réalisation de l'étude.

Les différents documents consultés sont :

- ✚ Les documents existant sur le pays, la zone du barrage ainsi que sur le barrage et ses aménagements annexes afin d'alimenter notre présentation générale ;
- ✚ Les documents abordant les thèmes similaires ou ayant certains points communs avec notre sujet de mémoire.

Enfin, l'exploitation de cette documentation nous a permis d'avoir une fois encore une meilleure compréhension du travail à faire. Autres méthodes utilisées pour traiter les informations provenant de ces documents ci-dessus consultés sont :

III.1. METHODE D'ANALYSE DU FONCTIONNEMENT DU SYSTEME D'IRRIGATION

Afin d'éviter un gaspillage de la réserve d'eau, il est important d'évaluer les besoins en eau pour toute utilisation. En effet, la retenue d'eau est utilisée essentiellement pour les besoins agricoles mais aussi pour les besoins pastoraux (ONBAH, étude du barrage de moutori).

III. 1.1. ESTIMATION DES BESOINS EN EAU DE LA CULTURE

- Le cycle végétatif, le coefficient cultural (Kc) et l'évapotranspiration (ETP)

A partir du logiciel Cropwat nous avons cherché dans la région du sud-ouest le cycle végétatif du maïs connaissant la date de plantation. Les valeurs du coefficient cultural(Kc) ont été données par phase et nous les avons rapportés à chaque mois.

- L'évapotranspiration maximale(ETM)

L'ETM caractérise l'évapotranspiration d'une culture donnée, à différents stade de croissance lorsque l'alimentation en eau n'est pas un facteur limitant. Elle sera considérée comme nulle pour les mois où la culture n'est pas encore installée.

$ETM = Kc * ETP$ avec ETP : évapotranspiration

➤ La pluviométrie

Nous avons considéré la moyenne des pluies observées sur la localité pour une période comprise entre 1999 et 2008.

➤ La pluie efficace

La pluie efficace (Pe) correspond à la quantité de pluies utilisée avec profit par la plante et effectivement infiltrée dans le sol. Elle est calculée par la formule de la FAO :

$Pe = 0$ si $P < 20mm$

$Pe = 0.8 * P - 25$ si $P > 75mm$

$Pe = 0.6 * P - 10$ si $P < 75mm$

Avec P : pluviométrie

Pe : pluie efficace

✓ Besoins nets de la culture

Les besoins nets correspondent à la quantité d'eau qu'il faut apporter sur la parcelle pour la mettre à la disposition de la plante. Elles se calculent par la formule :

$BN = ETM - Pe$ avec

ETM : évapotranspiration maximale

Pe : pluie efficace

III.1.2. ESTIMATION DES BESOINS EN EAU HUMAINS ET PASTORAUX

D'après les données socio-économiques de la commune de Dano, la production d'eau potable est assurée par les forages et les puits (Monographie de Dano, 2005). Donc la retenue d'eau est utilisée essentiellement pour les besoins agricoles et l'approvisionnement en eau du bétail.

Comme les données quantitatives sur le bétail n'étaient pas disponibles d'après les études socio-économiques réalisées sur la zone, nous avons considéré la densité de bétail équivalente à une(1) bête pour 4 à 6 ha valable pour la zone sahéenne, aussi nous avons considéré que le bétail dans un rayon de 7Km s'abreuve au barrage pendant la saison sèche (COMPAORE M.L. ; Cours de Barrages – 2^{ème} Edition (1996) ; EIER).

III.2. METHODES DE CHOIX DES PARAMETRES D'IRRIGATION

✓ Dose globale de l'irrigation(DI)

$DI (mm) = V (m^3) / 10 * S (ha)$ avec

V : Volume prélevé pour l'irrigation

S : superficie totale

✓ La fréquence(N)

$N = BN / DI$ avec

DI : Dose globale de l'irrigation

BN : Besoins nets

✓ Rotation(R)

$R = N_j / N$ avec

N_j : Nombre total de jours de la période (mois)

N : Fréquence

✓ Tour d'eau(T)

$T = n_j / N$ avec

n_j : nombre de jours réels d'irrigation

III.3. METHODES D'ETABLISSEMENT DES COURBES HAUTEUR-VOLUME ET HAUTEUR-SURFACES

Ces courbes caractéristiques de la retenue donnent les différents volumes d'eau et les surfaces pour chaque courbe de niveau de la retenue. Le volume partiel V_i compris entre deux courbes de niveau successives est donné par la relation suivante :

$$(S_{i-1} + S_i) * H / 2$$

Avec :

V_i : Volume d'eau entre les courbes de niveau i-1 et i ;

H : Dénivelée entre les deux courbes de niveau i-1 et i soit H_i-H_{i-1} ;

S_i : Surface du plan d'eau correspondant à la courbe i, (H_i) ;

S_{i-1} : Surface du plan d'eau correspondant à la courbe i-1, (H_{i-1})

Ainsi, en appliquant ces relations pour chaque hauteur du plan d'eau, on détermine la surface du plan d'eau en fonction de sa hauteur.

Nous avons construit ainsi le graphique $H=f(V)$ point par point. C'est la courbe Hauteur-Volume de la retenue. Puis nous avons construit le graphique $H=f(S)$ qui est la courbe Hauteur-Surface.

III.4. METHODES D'ETABLISSEMENT DE LA COURBE D'UTILISATION DE LA RETENUE

Pour vérifier l'adéquation de la capacité de la retenue avec les besoins en eau, aussi en tenant compte des différentes pertes :

- ❖ Nous sommes partis de la courbe Hauteur-Volume ;
- ❖ Nous avons dressé un tableau des besoins en eau pour chaque mois de la période d'exploitation ainsi que les pertes mensuelles ;
- ❖ Connaissant l'état de la réserve hauteur-volume au début du mois, nous avons déterminé l'état à la fin du mois après avoir pris en compte les besoins totaux à satisfaire pendant le mois et les pertes ;
- ❖ Nous avons procédé ainsi de mois en mois jusqu'à la fin de la période correspondant au cycle culturale de la culture;
- ❖ La date de départ de la simulation est fixée à la fin de saison de pluie au moment où la retenue est à son remplissage maximal;
- ❖ Connaissant la cote en début de saison culturale, la superficie à irriguée, le total des besoins pour chaque mois ainsi que le total des pertes, nous avons commencé à faire la simulation en donnant l'état de la réserve au début et en fin de chaque mois. Les pertes exprimées en hauteur d'eau (mm) sont reportées suivant l'axe vertical des hauteurs. Les besoins en eau sont en revanche exprimés en volume (m^3) et apparaissent de ce fait parallèlement à l'axe horizontal des volumes.

La simulation de l'utilisation de la retenue d'eau a été faite sur la base de quelques hypothèses :

- ❖ la retenue d'eau est pleine en fin octobre,
- ❖ la culture du maïs est pratiquée sur une superficie supposée de 20ha,
- ❖ les pertes par évaporation et par infiltration de la période de novembre à avril ont été prises en compte,
- ❖ Les besoins en eau des animaux ont été calculés.

IV LES RESULTATS

IV.1. LE BASSIN VERSANT DU BARRAGE DE MOUTORI

IV.1.1. ETUDES HYDROLOGIQUES

La finalité de ces études est de recueillir certaines données essentielles liées au bassin versant, notamment les apports d'eau, la crue à évacuer, les transports solides.

IV.1.1.1 LIMITES DU BASSIN VERSANT DU BARRAGE DE MOUTORI

Les limites du Bassin versant du barrage de Moutori ont été établies à partir du logiciel Google Earth. La superficie ainsi que le périmètre de la zone d'étude constituant le bassin versant ont été déterminés à l'aide du logiciel Arcview. Ainsi une superficie de 7.102Km² et un périmètre de 9.6Km ont été trouvés.

La figure suivante montre la délimitation du bassin versant du barrage de Moutori.



Figure 3: Délimitation du bassin versant du barrage de Moutori réalisée sous Google Earth

IV.1.1.2 CARACTERISTIQUES PHYSIQUES DU BASSIN VERSANT

La détermination des caractéristiques physiques du bassin versant est fondamentale en Hydrologie. Les différents paramètres nécessaires à l'étude hydrologique ont été déterminés.

✓ Longueur du rectangle équivalent L

Le rectangle équivalent est celui ayant la même surface et le même périmètre que le bassin. Elle a été déterminée à l'aide de la formule :

$$L = [P + (P^2 - 16S)^{0.5}] / 4 \text{ avec ;}$$

P : périmètre du bassin versant et

S : Superficie du bassin versant

La longueur du rectangle équivalent du Bassin versant de Moutori est de 3.56km.

✓ Pente longitudinale I

Elle influe sur les débits de crues en augmentant ou en diminuant les vitesses de ruissellement suivant que la pente est forte ou faible.

La formule de Grésillon a été utilisée pour déterminer la pente longitudinale du bassin versant de moutori.

$$I = 0,026 / S^{0,5} \text{ avec S superficie du bassin versant.}$$

Par application numérique, on trouve :

La pente longitudinale est de 0.0097mm/m soit 0.97% ; ce qui permet de classer le bassin versant en classe R3

✓ Classe de perméabilité

Le bassin de Moutori est composé d'horizon sableux à sablo - argileux en majorité, d'après des études récentes approuvées qui ont été réalisées sur le bassin versant (Monographie de Dano, 2005). Il est assimilé à un bassin relativement imperméable d'où la classe de perméabilité en P₃(RI) selon la catégorisation de l'ORSTOM.

✓ Indice de forme Ic

C'est le coefficient de compacité du bassin versant. Il est calculé à l'aide de la formule de Gravelius. Il correspond au rapport du périmètre du bassin à celui d'un cercle ayant la même superficie :

$$Ic=(0.282*P)/S^{0.5}.$$

L'indice de forme est de 1.02.

✓ Indice global de pente Ig

L'indice global de pente caractérise le relief du bassin versant. Il s'obtient à partir de la courbe hypsométrique du bassin versant en utilisant la formule suivante :

$$Ig=D/L \text{ où}$$

L : Longueur du rectangle équivalent en km

D : représente la dénivelée, exprimée en mètre séparant les altitudes ayant approximativement 5% et 95% de la surface du bassin au-dessus d'elles, ces altitudes sont déterminées sur la courbe hypsométrique.

Le tableau suivant résume les données d'établissement de la courbe hypsométrique.

Tableau 3: Données d'établissement de la courbe hypsométrique

Altitudes(m)	Surface partielle Si (km ²)	Surface cumulée (km ²)	% Surface cumulée
497	0	0	0
475	0.1	0.1	1.408
453	0.351	0.451	6.35
431	0.562	1.013	14.263
409	0.75	1.763	24.824
387	0.745	2.508	35.314
365	1.038	3.546	49.929
343	1.192	4.738	66.714
321	1.578	6.316	88.933
299	0.786	7.102	100

Source : Arcview

La courbe hypsométrique du bassin versant est présentée ainsi qu'il suit :

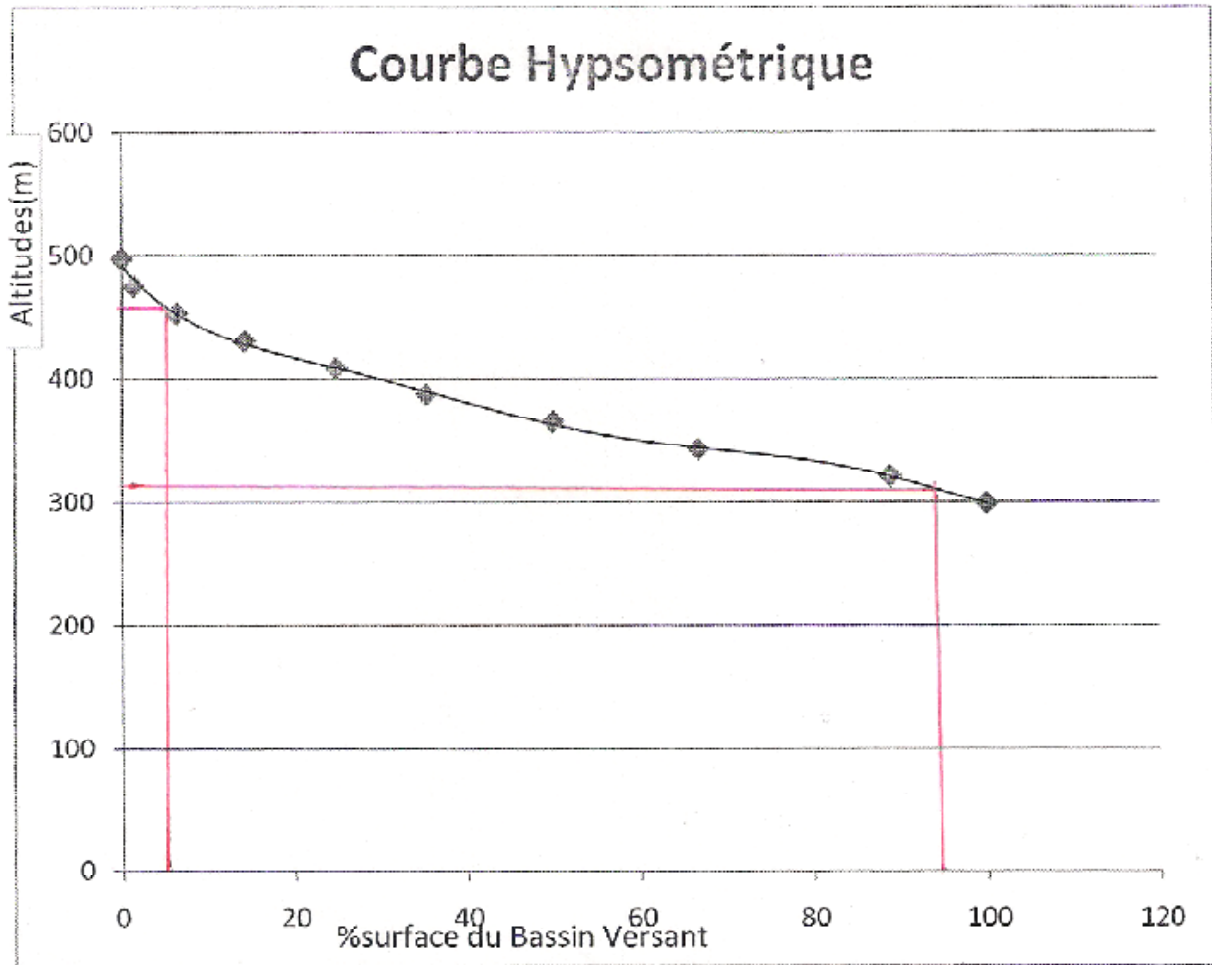


Figure 4: Courbe hypsométrique
Ainsi, $I_g = (Cote_{5\% \text{ surface}} - Cote_{95\% \text{ surface}}) / L$

H5%(m)	H95%(m)	D(m)	L(m)	I_g (m/km)
453,3	313,3	140	3,56	39,32

On trouve alors l'indice global de pente I_g égal à 39,32m/km

IV.1.1.3. ANALYSE DES DONNEES PLUVIOMETRIQUES

La province du Ioba est soumise à un climat de type soudanien et la zone se situe entre les isohyètes 900 mm et 1200 mm de pluie.

Son climat se caractérise par deux types de saisons :

- Une saison des pluies qui va d'avril à fin septembre
- une saison sèche, qui commence en octobre et se termine en mars- avril.

Les données pluviométriques sur une période de 10 ans (1999 à 2008) ont été utilisées.

IV.1.1.4. APPORTS EN EAU

C'est l'ensemble des écoulements superficiels passant par l'exutoire d'un bassin versant durant une année considérée.

Cette étude permet de vérifier si la retenue d'eau se remplit convenablement sur un cycle annuel afin de satisfaire les besoins en eau des cultures et autres besoins des bénéficiaires de la retenue d'eau (besoins humains et pastoraux). Les volumes écoulés sur le bassin versant de Moutori sont estimés à 1.530.000m³(ONBAH, étude du barrage de moutori)

IV.1.1.5. ESTIMATION DU DEBIT DE CRUE EXCEPTIONNELLE

✓ La crue décennale

A l'aide des données pluviométriques et des données du bassin versant, la vérification de la crue s'est faite par la méthode ORSTOM. Dans cette méthode, le débit de pointe correspondant au ruissellement superficiel de la crue décennale est défini par la relation :

$$Q_{r10} = (\alpha * K_{r10} * P_{10} * A * S) / T_{b10}$$

α : Coefficient multiplicateur pour passer de la crue moyenne à la crue de pointe, il est pris égale à 2,60.

K_{r10} : Coefficient de ruissellement décennal, obtenue par des abaques qui tiennent compte de la classe de perméabilité, du relief du bassin versant (notamment l'indice global de pente) ,et de la superficie du bassin versant : Le bassin est jugé relativement imperméable (RI) compte tenu des caractéristiques géologiques, l'occupation des sols,...et de l'indice global de pente estimé à 39,32m/km. Par interpolation, la lecture de l'abaque donne $K_{r10} = 13,2\%$ (soit 0,132).

P₁₀ : la pluie maximale journalière de temps de retour 10 ans ; estimée ci-dessous en mm.

A : coefficient d'abattement de la pluie décennale ponctuelle, donné par la formule suivante :

$A = 1 - [(161 - 0,042 * P_{an}) * \log S] / 1000$ (Manuel FAO 54) avec :

S : La superficie du bassin versant en Km²

P_{an} : La hauteur moyenne de précipitation annuelle en mm

Après calcul, on obtient un coefficient d'abattement de 0.9.

S : Superficie du bassin versant, qui est estimée à 7.102Km².

T_b : temps de base de la crue, obtenu par un abaque en fonction de l'indice globale de pente et la superficie du bassin versant. Il est estimé à 2.1 heures.

Tableau 4: Paramètres utilisés dans le calcul de la crue décennale

Paramètres	Valeurs
Pluie décennale P10	100mm
Coefficient d'abattement : A	0,9
Coefficient de ruissellement Kr10	0,132
Temps de base Tb10	2,1h
Pluviométrie moyenne annuelle	999,7mm
Superficie du bassin versant S	7,102km ²

$$Q_{r10}=(2,60*0,9*0,1*7102000*0,132)/(2,1*3600)=29,02 \text{ m}^3/\text{s}$$

✓ la crue exceptionnelle

Selon la méthode ORSTOM la crue exceptionnelle est estimée en prenant un coefficient correctif pour tenir compte de l'écoulement retardé. Ce coefficient est donné par la formule suivante (méthode dite du Gradex) :

$$C=1+(P_{100}-P_{10})/P_{10}*[(Tb/24)^{0.12}]/K_{r10} \text{ où :}$$

P₁₀ est la précipitation journalière correspondant à une période de retour de 10ans,

P₁₀₀ est la précipitation journalière correspondant à une période de retour de 100ans,

Tb est le temps de base en heures,

K_{r10} est le coefficient de ruissellement de la crue décennale.

On peut prendre en première approximation, la valeur suivante pour le rapport entre précipitations de fréquences centennale et décennale : $(P_{100}/P_{10})/P_{10}=0.38$ (Manuel FAO 54).

Après les calculs, on obtient C égal à 3.15 d'où :

$$Q_{10\text{exceptionnelle}}=3.15 * Q_{r10}=91.413\text{m}^3/\text{s}$$

Ce résultat se trouve dans les mêmes ordres de grandeur que le débit de crue exceptionnelle utilisé pour le dimensionnement initial du déversoir qui est de 83.53m³/s.

IV.1.2.ETUDES TOPOGRAPHIQUES

- Le levé topographique a consisté à obtenir les coordonnées topographiques d'un grand nombre de point du bassin versant et du périmètre irrigué à partir du logiciel Google Earth et les courbes de niveau ont été dessinées à partir du logiciel Arcview par l'outil create contour du menu surface.

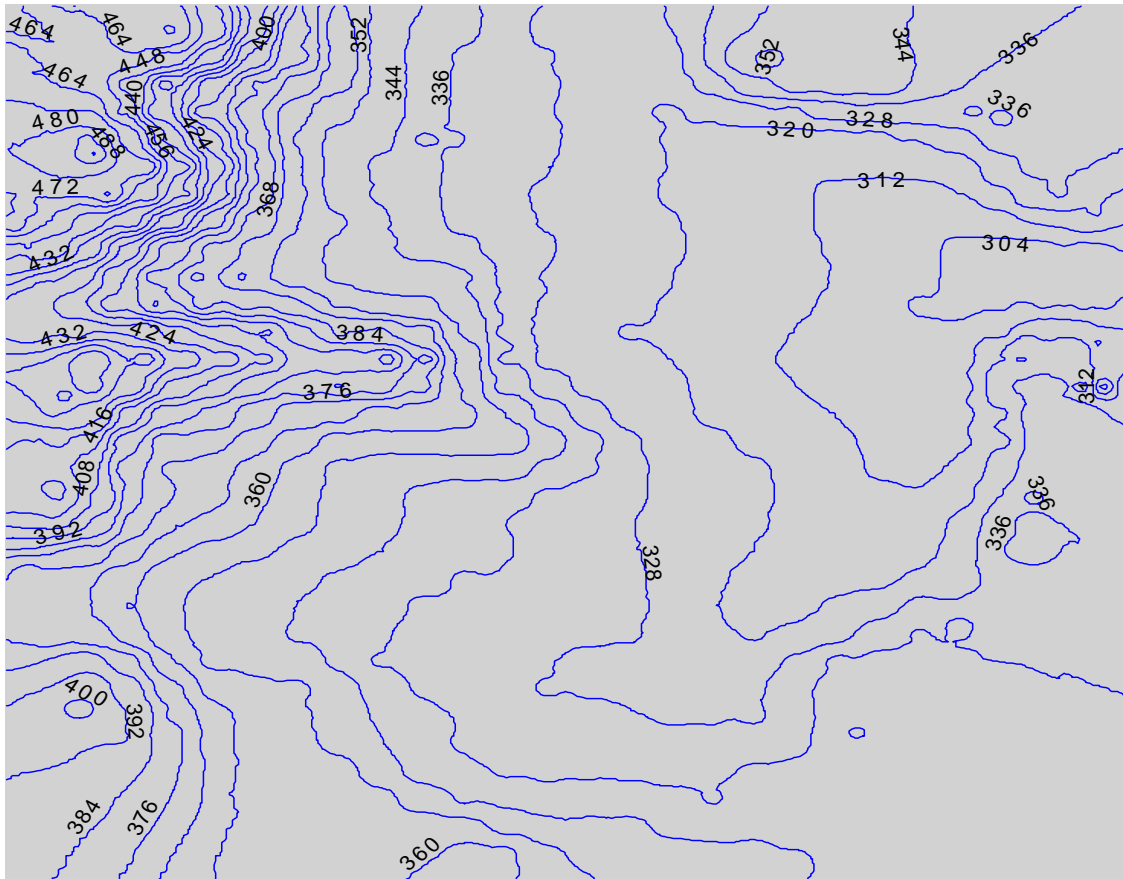


Figure 5: Courbe de niveau du bassin versant du barrage de Mouatori

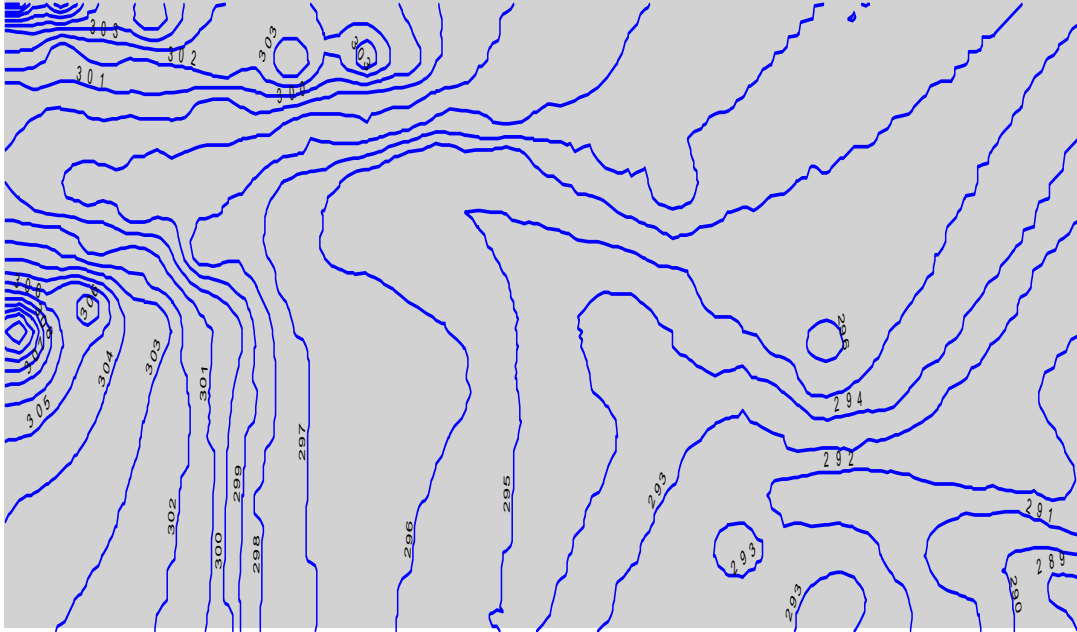


Figure 6: Courbe de niveau du périmètre irrigué de Moutori

*IV.2. ANALYSE DU FONCTIONNEMENT DU SYSTÈME D'IRRIGATION,
DE DRAINAGE ET DE CIRCULATION*

La reconstitution du réseau d'irrigation, de drainage et de circulation du périmètre de moutori sous Arcview a été réalisée à partir d'une table constituant la base de données associée du réseau du système d'irrigation et de drainage (KABE KAGNE.D, 2009). Elle comporte les longueurs, les coordonnées géographiques et les côtés.

IV.2.1. LE RESEAU D'IRRIGATION

Il est réalisé pour être un système gravitaire. Pour son alimentation, il existe une prise. Il comprend :

- ✓ Un canal primaire qui dessert sept(7) canaux secondaires ;
- ✓ Chaque canal secondaire dessert deux(2) canaux tertiaires ;
- ✓ Les canaux tertiaires desservent les arroseurs qui, à leur tour alimentent les parcelles.

Les tableaux ci-dessous donnent la description de chacun d'eux :

Tableau 5: Description des CS du périmètre irrigué de moutori et leurs longueurs

Dénomination	Formes	Nombre de tertiaires desservis	Longueurs(m)
Secondaire 1	Rectangulaire	2	107.74
Secondaire 2	Rectangulaire	2	106.87
Secondaire 3	Rectangulaire	2	110.52
Secondaire 4	Rectangulaire	2	118.12
Secondaire 5	Rectangulaire	3	147.69
Secondaire 6	Rectangulaire	2	180.93
Secondaire 7	Rectangulaire	0	367.19
Secondaire 7_NR	Rectangulaire	0	101.68

SOURCE : KABE KAGNE D, Evaluation des performances d'irrigation du périmètre de

moutori

Tableau 6: Longueurs des CT du périmètre irrigué de moutori

Dénomination	Longueurs(m)
Tertiaire 1	132.01
Tertiaire 2	136.14
Tertiaire 3	118.70
Tertiaire 4	121.61
Tertiaire 5	118.74
Tertiaire 6	118.34
Tertiaire 7	141.00
Tertiaire 8	136.63
Tertiaire 9	91.68
Tertiaire 10	101.77
Tertiaire 11	178.02
Tertiaire 12	144.79
Tertiaire 13	102.39
Tertiaire 14	120.50

SOURCE : KABE KAGNE D, Evaluation des performances d'irrigation du périmètre de moutori

IV.2.2. LE RESEAU DE DRAINAGE

Le réseau de drainage est constitué d'un (1) drain principal, huit(8) drains secondaires, six(6) drains tertiaires et de fossés de collecte des eaux de ruissellement. Les longueurs des drains sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau 7: Longueurs des drains du périmètre irrigué de moutori

Dénomination	Longueurs(m)
Drain principal	1513.70
Drain secondaire 1	91.6
Drain secondaire 2	100.61
Drain secondaire 3	118.99
Drain secondaire 4	104.07
Drain secondaire 5	69.48
Drain secondaire 6	121.11
Drain secondaire 7	113.11
Drain secondaire 8	133.57
Drain tertiaire 1	138.77
Drain tertiaire 2	128.88
Drain tertiaire 3	146.65
Drain tertiaire 4	188.48
Drain tertiaire 5	98.60
Drain tertiaire 6	178.12

SOURCE : KABE KAGNE D, Evaluation des performances d'irrigation du périmètre de moutori

Réseau d'irrigation et de drainage de moutori

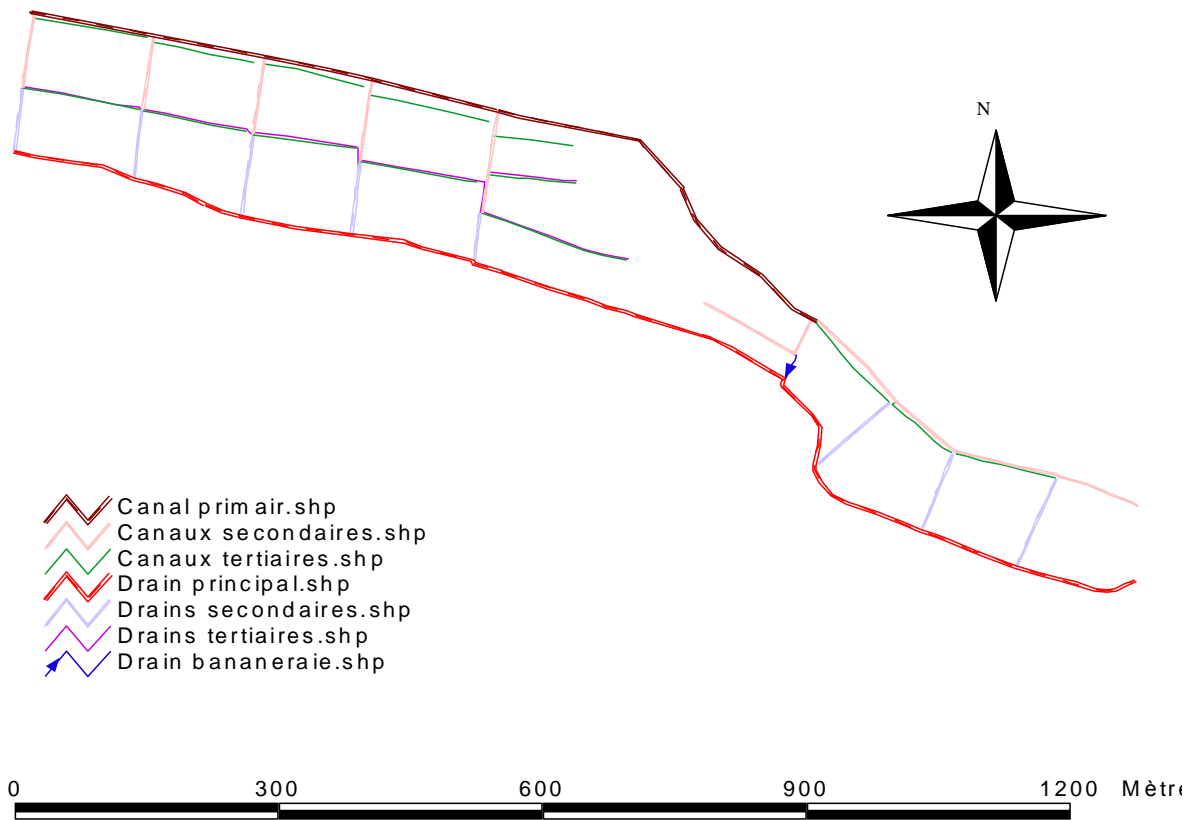


Figure 7: Réseau d'irrigation et de drainage du périmètre de moutori réalisé sous **arcview**

IV.2.3. LE RESEAU DE CIRCULATION (PISTES)

Le réseau de circulation comprend cinq(5) pistes dont la dernière est la plus grande et relie les deux quartiers séparés par la plaine irriguée. Sur chacune des pistes, est implanté un ouvrage de franchissement. Leurs longueurs sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau 8: Longueur des pistes du périmètre irrigué de moutori

Dénomination	Longueurs(m)
piste 1	102.98
Piste 2	106.51
Piste 3	115.12
Piste 4	146.64
Piste 5	289.05

SOURCE : **KABE KAGNE D**, *Evaluation des performances d'irrigation du périmètre de moutori*

La figure suivante représente le réseau des pistes du périmètre de moutori :

R é s e a u d e s p i s t e s d u p é r i m è t r e d e m o u t o r i



Figure 8: Réseau des pistes du périmètre de Moutori réalisé sous Arcview

IV.3. ESTIMATION DES BESOINS EN EAU

Un barrage est construit pour constituer une réserve d'eau en vue de satisfaire les besoins agricoles, pastoraux, humains etc. L'estimation de l'ensemble de ces besoins doit se faire avec soin car les paramètres utilisés ne sont pas toujours aisés à obtenir surtout en milieu rural. Le besoin en eau d'une plante est la quantité nécessaire à son développement optimum.

Pour ce travail, nous nous sommes intéressés aux besoins en eau de la culture du maïs qui concerne la campagne de contre saison.

L'évaluation des besoins en eau de cette culture tient compte de la surface, de l'infiltration et de l'ETP.

IV.3.1. BESOIN EN EAU DE LA CULTURE DU MAÏS

La campagne de contre-saison commence le 1^{er} décembre. Le cycle de la culture du maïs dure environ cent trente cinq(135) jours.

Les différents paramètres nécessaires pour le calcul des besoins en eau de la culture ont été déterminés. Le coefficient cultural (Kc) et l'évapotranspiration (ETP) ont été estimés à partir du logiciel Cropwat, la moyenne des pluies observées sur la localité pour une période comprise entre 1999 et 2008 a été utilisée. Ces paramètres sont résumés dans le tableau 10.

Tableau 9: Coefficients culturaux

Phases	I	II	III	IV
Nombre de jours	25	40	40	30
Kc	0.3	1.2	1.2	0.5

Source : Climwat

Tableau 10: Paramètres pour le calcul des besoins en eau

Mois	Jan.	Fév.	Mar	Avri l	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov	Déc
Kc	1.2	1.2	0.85	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0.45
ETP (mm/j)	5.9	6.4	6.6	5.4	6	4.8	4.2	3.8	4	4.9	5.1	5.2
ETP (mm/mois)	177	192	196	162	180	144	126	114	120	147	153	156
ETM (mm)	212. 4	230.4	166.6	81	0	0	0	0	0	0	0	70.2
P (mm)	0	0	7.94	42.1	82.28	143.14	212.09	246.62	186.39	38.06	4.44	0
Pe (mm)	0	0	0	15.26	40.82	89.51	144.62	172.30	124.11	12.84	0	0
BN (mm)	212. 4	230.4	166.6	0	0	0	0	0	0	0	0	70.2
BN (m ³ /ha)	2124	2304	1666	0	0	0	0	0	0	0	0	702

SOURCE : AUTEUR

IV.3.2. BESOINS EN EAU DES ANIMAUX

En considérant la densité du bétail équivalente à une(1) bête pour 4 à 6 ha valable pour la zone sahéenne ,et si l'on admet que le bétail dans un rayon de 7Km s'abreuve au barrage pendant la saison sèche (cours de barrage), on peut estimer que3077bêtes en moyenne s'approvisionnent dans la retenue d'eau et la consommation moyenne est estimée à 40 l/j/tête Le tableau suivant récapitule les besoins en eau des animaux pendant la période d'utilisation de la retenue en saison sèche.

Tableau 11 : Besoins en eau des animaux

Mois	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril
Nombre d'animaux	3077	3077	3077	3077	3077	3077
Consommation journalière (l)	123080	123080	123080	123080	123080	123080
Besoins mensuels (l)	3692400	3692400	3692400	3692400	3692400	3692400
Besoins mensuels (m3)	3692.4	3692.4	3692.4	3692.4	3692.4	3692.4

SOURCE : AUTEUR

IV.4. ESTIMATION DES PERTES EN EAU

Pour concevoir et gérer correctement une retenue, il faut aussi tenir compte des diverses pertes d'eau inhérentes au site. Il s'agit principalement des pertes par infiltration, par évaporation et également les pertes de capacité de la cuvette à la suite des dépôts solides.

IV.4.1. PERTE PAR INFILTRATION ET EVAPORATION

Il est toujours très délicat d'évaluer les pertes par infiltration. Bien qu'elles soient très importantes à la première année, il est montré que les infiltrations diminuent considérablement au fur et à mesure du dépôt des argiles colloïdales en fond de cuvette.

Une infiltration moyenne de 2mm/j comme indiqué dans le cours de barrage a été retenue.

Les pertes par évaporation dans une réserve sont sensiblement proportionnelles à la surface du plan d'eau. On exprime donc ces pertes par la hauteur d'eau évaporée. Elle dépend de la durée évidemment, des conditions climatiques, de l'étendue et de la profondeur de la réserve qui constitue un volant thermique. Pour ces pertes, nous avons considéré les valeurs de l'évapotranspiration du milieu de notre étude.

IV.4.2 LES PERTES DE VOLUME DUES AUX DEPOTS SOLIDES

L'eau de ruissellement entraîne avec elle des matériaux solides qu'elle arrache au long de son parcours. Ces matériaux se déposent dès que la vitesse de l'eau devient inférieure à un certain seuil. Ce qui est le cas lorsque les cours d'eau aboutissent à une retenue.

Des formules empiriques comme celle de GOTTSCHALK (USA) et du CIEH – EIER(GRESILLON) généralement utilisées au Burkina Faso permettent d'estimer la perte de volume d'eau relative aux apports de sédiments dans la cuvette. Les paramètres influençant sont essentiellement la pluviométrie, l'érosion et la taille du bassin versant.

Ainsi, les apports annuels de sédiment sont exprimés par les relations suivantes :

- formule de GOTTSCHALK (USA) $D = 260 * S^{(-0,1)}$ et $V = D * S$ en m³
- formule de l'EIER/CIEH (GRESILLON) $D = 700 * (P/500)^{-2,2} * S^{-0,1}$ avec
 - D = dégradation spécifique annuelle en m³/Km²/an,
 - S = superficie du bassin versant en Km² et
 - P = pluviométrie moyenne annuelle en mm

Dans le présent projet les apports annuels de dépôt solide calculés par les différentes formules sont résumés dans le tableau (16).

Tableau 12: Apports de sédiments dans la retenue de Moutori

Méthode	D (m ³ /km ² /an)	Volume des apports annuels (m ³)
GOTTSCHALK (USA)	213.27	1546.21
EIER-CIEH	124.97	906.03

En effet, dans le cadre de notre étude, les valeurs obtenues par la formule de GOTTSCHALK (USA) peuvent être considérées.

Tableau 13: Récapitulatif des besoins en eau et des pertes

Mois	Besoins agricoles (m ³)	Besoins des animaux (m ³)	Besoins totaux (m ³)	Pertes par infiltration/évaporation(m)
Novembre	0	3692.4	2769.3	0.213
Décembre	14040	3692.4	16809,3	0.216
Janvier	42480	3692.4	45249.3	0.237
Février	46080	3692.4	48849.3	0.252
Mars	33320	3692.4	36089.3	0.256
Avril	0	3692.4	2769.3	0.222
Total	135920	22154,4	158074.4	1.396

SOURCE : AUTEUR

Consommation totale annuelle= 569894,4m³

La simulation de l'utilisation de la retenue d'eau illustrée en figure (11) a été faite sur la base de quelques hypothèses :

- la retenue d'eau est pleine en fin octobre,
- la culture du maïs est pratiquée sur une superficie supposée de 20ha,
- les pertes par évaporation et par infiltration de la période de novembre à avril ont été prises en compte,
- Les besoins en eau des animaux ont été calculés.

IV.5. ETABLISSEMENT DES COURBES HAUTEUR-VOLUME ET HAUTEUR-SURFACE

Après la détermination des surfaces élémentaires de la cuvette à l'aide de la formule :

$V_i = (S_i + S_{i-1}) * H / 2$ les courbes suivantes ont été établies :

-Courbe Hauteur – Volume, qui permet de connaître le volume d'eau dans le barrage pour une hauteur donnée.

-Courbe Hauteur – surface, qui permet de connaître, à une hauteur donnée la superficie en aval qu'on peut irriguer.

Les données de l'APD-Barrage de Moutori (DANO) ont été exploitées dans la présente étude.

La courbe de niveau la plus haute qui se referme sur l'axe du barrage est à la cote 101.5m.

La cote du fon général de la cuvette est de 96m. Les données d'établissement de ces courbes se trouvent en annexe.

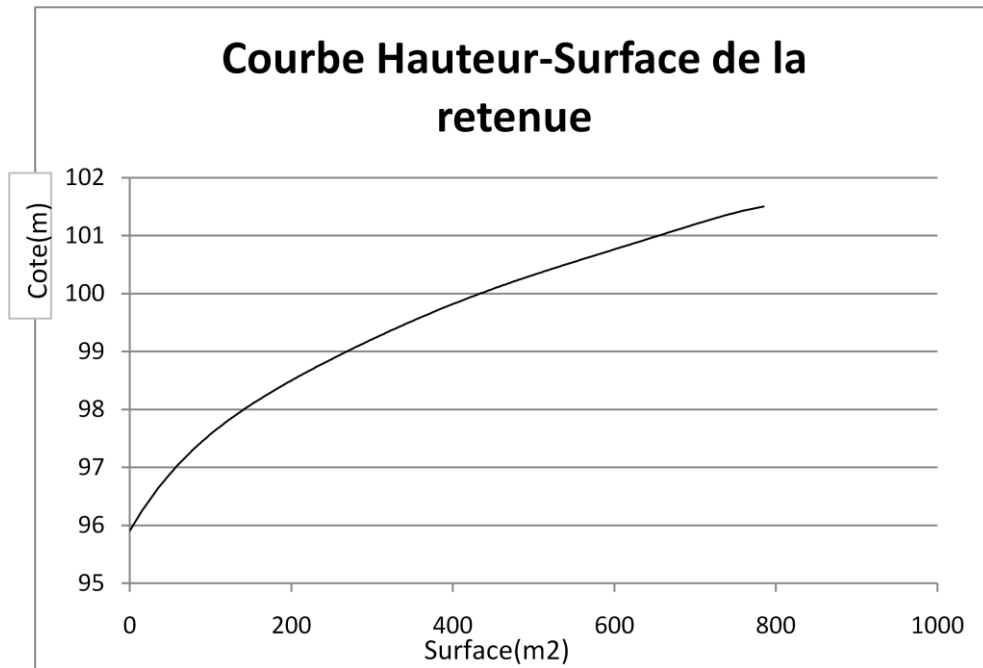


Figure 9: Courbe Hauteur-Surface de la retenue

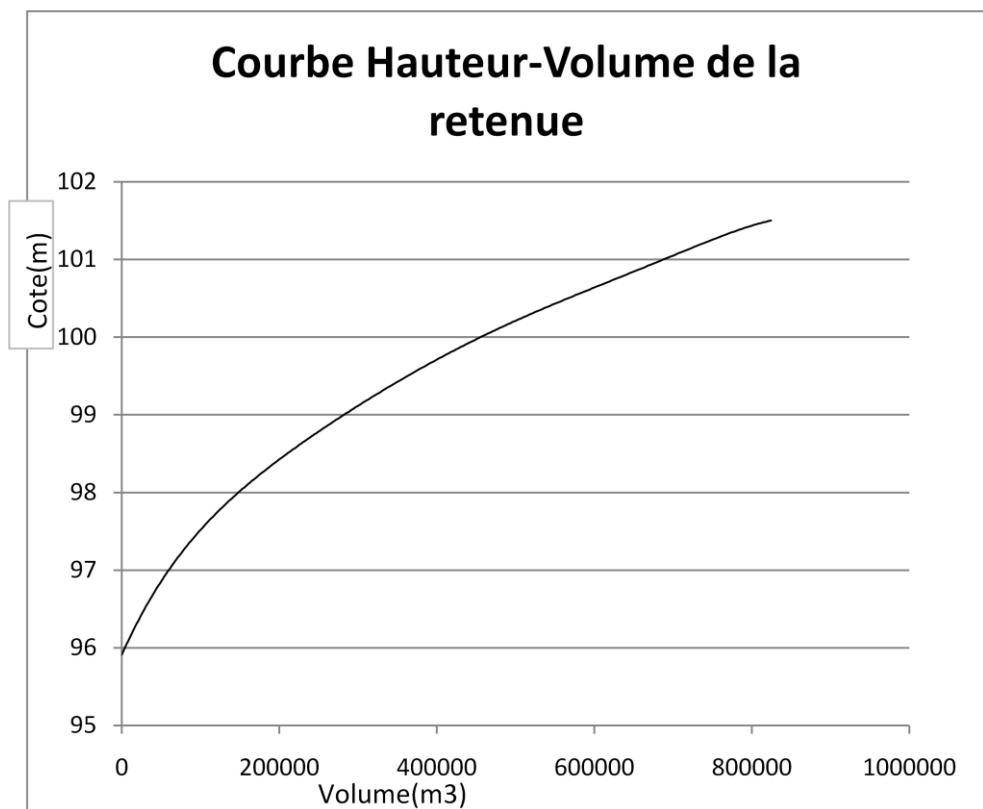


Figure 10: Courbe Hauteur – Volume de la retenue

IV.6. ETABLISSEMENT DE LA COURBE D'UTILISATION DE LA RETENUE

Elle a été établie à partir de la courbe hauteur-volume de la retenue d'eau. Elle permet d'évaluer la superficie exploitable en fonction de la capacité de la retenue tout en tenant compte des pertes d'eau probables (pertes par évaporation et infiltration) ainsi que des autres types d'utilisation de l'eau (besoins agricoles et pastoraux). Elle permet donc d'optimiser la gestion de la retenue et le choix des spéculations culturales. Ainsi, la courbe d'exploitation de la retenue est représentée comme suit :

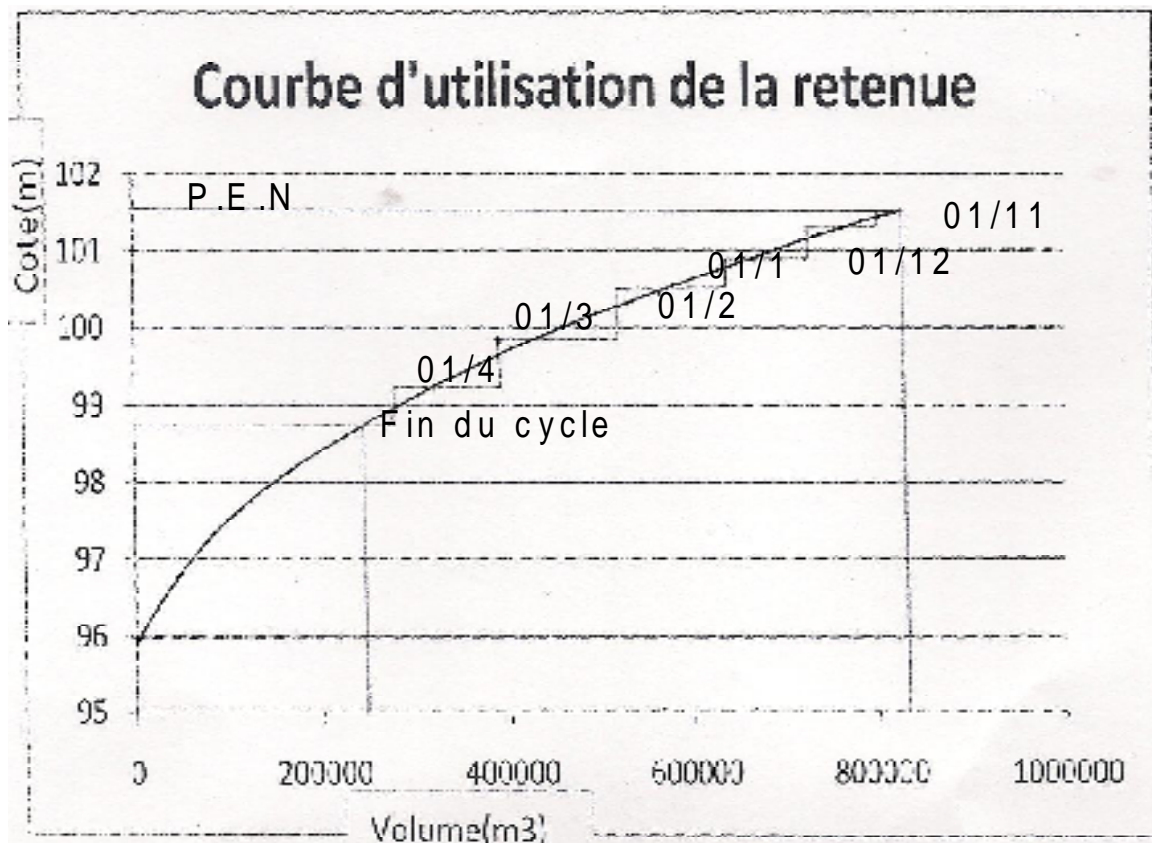


Figure 11: Courbe d'utilisation de la retenue

Source : Auteur à partir des données de APD-Barrage de Moutori (DANO))

IV.7. ETUDE DES PARAMETRES D'IRRIGATION

IV.7.1. DOSE GLOBALE D'IRRIGATION (DI)

$DI = V (m^3) / 10 * S (ha)$: avec :

-V= volume prélevé pour l'irrigation

-S= superficie totale.

Le calcul du volume d'eau se fera uniquement pour la contre saison, du fait que l'irrigation n'a lieu qu'en cette période. Calculons tout d'abord le volume et pour cela, nous déterminons le temps d'arrosage pendant la période de contre saison. On sait que le cycle de végétation pour le maïs qui est la culture concernée pour la campagne de contre saison est de 135 jours. Le temps d'irrigation par jour et par bloc est de 9h30min (7h30min à 17h). Dimanche est le jour de repos. L'irrigation a lieu 6 jours sur 7 dans la semaine.

Tableau 14: Nombre d'heures d'arrosage par semaine

N° Blocs	Temps d'arrosage/tour (en heures)	Nombre jour arrosage/semaine	Nombre heures/semaine
1	9.5	2	19
2	9.5	2	19
3	9.5	2	19
Total			57

En considérant un mois de 30 jours ; il y a 4 dimanches en moyenne dans un mois, soit $30 - 4 = 26$ jours d'irrigation par semaine.

Pour un mois, on a : nombre heures = $\frac{26 \text{ jours} * 57 \text{ heures}}{6 \text{ jours}} = 247 \text{ heures}$

Nombre d'heures par campagne = $247 \text{ heures} * 4 \text{ mois} = 988 \text{ heures}$

Le débit délivré à la prise est de 60 l/s

Le volume prélevé pour l'irrigation (V) par campagne de saison sèche sera :

$$V = 988h * 3600s * 60l/s$$

$$V = 213408000l, \text{ soit } 213408m^3/\text{campagne}$$

En supposant que toute la superficie est emblavée soit 20ha, nous calculons la dose d'irrigation :

$$DI=213408/(10*20)$$

La dose globale de l'irrigation est de 1067.04mm.

IV.7.2. FREQUENCE(N)

C'est le nombre de fois que l'on irrigue pendant une période donnée. Dans notre cas nous considérons la période d'un mois.

$N=BN/DI$ avec BN : Besoin net de l'irrigation

$$N=230.4mm*20ha/1067.04mm$$

La fréquence est de 4

Pour une gestion efficiente de l'irrigation et du temps, nous suggérons une fréquence d'arrosage de quatre en cycle de contre saison.

IV.7.3. LA ROTATION(R)

La Rotation est le nombre de jours qui sépare deux irrigations successives sur la même parcelle d'irrigation.

$R=Nj/N$ avec

Nj : nombre total de jours de la période (mois)

N : Fréquence de l'irrigation

$$R=30/4=7\text{jours}$$

IV.7.4. TOUR D'EAU(T)

Le Tour d'eau est le nombre de jours exact qu'il faut pour irriguer l'ensemble d'une parcelle donnée (Cours : Base de l'irrigation). Il est donné par la formule :

$T = n_j / N$ avec

n_j : nombre de jours réels d'irrigation

$T = 26/4$

Donc nous avons un Tour d'eau de six jours.

V. DISCUSSION

✓ *Au niveau du fonctionnement du système d'irrigation et de drainage*

- Le système d'irrigation

Les traitements faits à partir des données collectés nous ont permis de dégager les constatations suivantes :

- Canal primaire : Il a une longueur de 1513,701m. Il est revêtu et longe le périmètre sur sa partie Nord et se termine par le septième secondaire. Il est entièrement revêtu. Il dessert sept canaux secondaires. Il a une forme trapézoïdale. Au niveau de ce canal primaire, des pertes d'eau y sont constatées dans le cas où le débit à faire passer est destiné à 90l/s mais qu'il a baissé jusqu'à 60l/s. Cela suppose qu'il est mal dimensionné pour ce débit.
- Canaux secondaires : Le périmètre est équipé de sept canaux secondaires de forme rectangulaire tous revêtus sauf le canal sept qui a une petite partie non revêtue. Chaque secondaire se termine par un ouvrage de décharge. Au niveau de ces canaux, s'observent plusieurs phénomènes de pertes d'eau. La majorité des canaux secondaires laissent passer l'eau qu'ils transportent au niveau des décharges, certains ne dominent pas le terrain naturel qu'ils alimentent comme le confirment beaucoup de points critique qui s'observent à ce niveau (Figure : 12). Un autre phénomène de perte d'eau s'est constaté au niveau de la partie non revêtue du secondaire 7.
- Canaux tertiaires : Les canaux tertiaires sont au nombre de quatorze(14). Ils desservent les arroseurs, qui alimentent les parcelles et ne sont pas revêtus. Au niveau de ces canaux, le phénomène de perte d'eau s'observe au niveau de leur liaison avec les canaux secondaires.

Les PVC qui les lient sont de petit diamètres ce qui empêche l'eau transportée par les secondaires de passer instantanément dans les canaux tertiaires.

- Le système de drainage

Les contraintes topographiques font que l'écoulement de l'eau n'y ait pas régulier. Les parcelles de la partie aval du périmètre sont de temps en temps envahies par les eaux drainées en saison hivernale. La stagnation de l'eau dans certains drains renforce la recharge de la nappe phréatique activant ainsi la persistance de la nappe.

Points critiques du périmètre de moutori

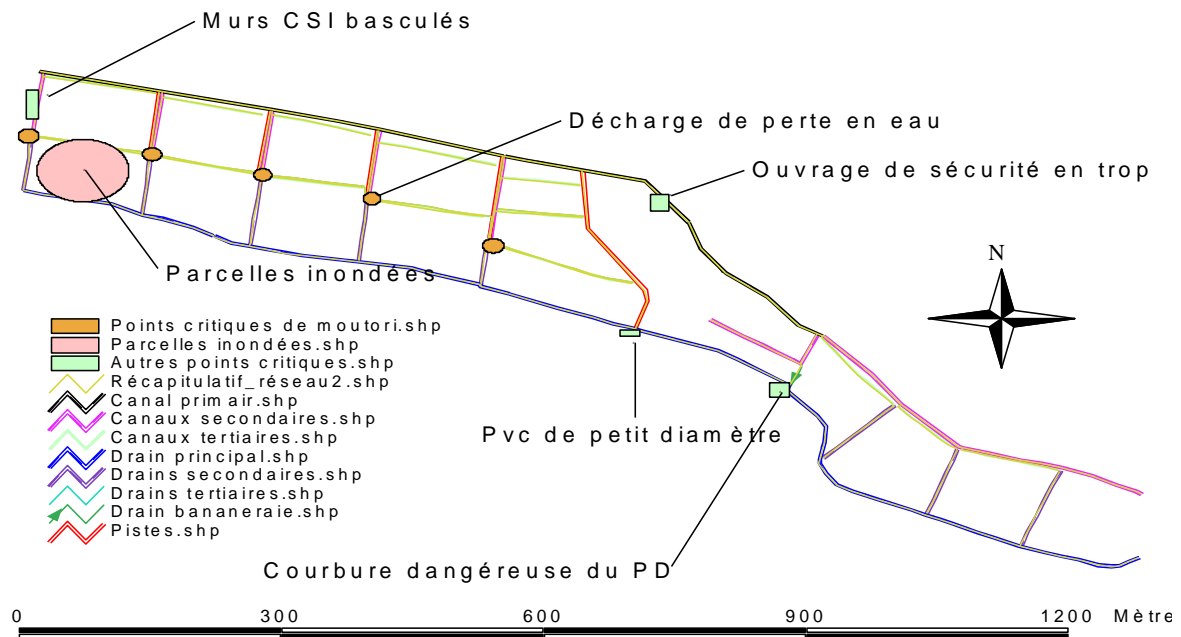


Figure 12: Points critiques du périmètre de Moutori

✓ *Au niveau des paramètres de l'irrigation provenant des calculs*

- Le volume d'eau prélevé pour l'irrigation (V)

Les calculs effectués ci-dessus donnent 213408m^3 pour la culture du maïs dont le cycle est fixé à 135 jours. Considérant le fait que le besoin en eau du maïs se situe en moyenne autour 800 mm, soit $8000\text{ m}^3/\text{ha}$, (sources : *Bulletin agro météorologique n° 35 de la Direction de la météo du Faso* cité par Kabe 2009) il en vient donc que, pour les 20ha supposés emblavés en contre-saison, cela équivaut à $160\ 000\text{m}^3$. On conclut qu'il ya gaspillage de l'eau d'irrigation pour cette culture.

- La Rotation

La valeur de la rotation calculée est de sept(7) jours au moment où la rotation au niveau du périmètre est de cinq(5) jours. En comparant les données calculées aux données réelles du périmètre, on remarque que les rotations sont plus rapprochées d'où on peut conclure que le périmètre est irrigué plus qu'il en faut.

- Le Tour d'eau

Avec un tour d'eau de six(6) jours, la superficie irriguée par jours est de 3.33ha et pour une fréquence de quatre(4), le nombre de jours réels d'irrigation dans un mois est de vingt quatre (24) jours. Avec le nombre de jours réel d'irrigation de vingt six(26) jours sur le périmètre, nous constatons toujours une mauvaise gestion d'eau d'irrigation.

✓ *Au niveau de la comparaison des besoins et pertes*

Les consommations des différents usagers et les pertes ont été identifiées et calculées.

En termes de consommation, les différents usages sont :

- L'irrigation : Le maïs, le riz et le maraichage qui sont supposés pratiqués sur une superficie de 20ha et en contre-saison. Pour le maïs et le riz les consommations mensuelles ont été calculées en tenant compte des paramètres de la culture. Pour le maraichage, la consommation a été calculée sur la base des besoins en eau de la culture de la tomate.
- La consommation pour l'abreuvement du cheptel est estimée en tenant compte de la densité du bétail équivalente à une(1) bête pour 4 à 6 ha valable pour la zone sahélienne et dans un rayon de 7Km. On a dénombré 3077bêtes en moyenne qui s'approvisionnent dans la retenue d'eau.
- Une infiltration de 2mm par jour comme indiqué dans le cours de barrage a été retenue. Pour les pertes par évaporation, nous avons considéré les valeurs de l'évapotranspiration du milieu de notre étude.

L'eau consommée (1^{er} novembre-fin avril) donne un volume de 135920m³ pour le maïs, 388132m³ pour le riz et 172238m³ pour le maraichage.

✓ *Au niveau de la courbe d'utilisation de la retenue*

Elle a été établie à partir de la courbe hauteur-volume de la retenue d'eau. Cette courbe hauteur-volume montre que le calage du PEN à la cote de 101.5m permet de stocker 824500m³ d'eau, un peu moins que les apports annuels qui sont de 1530000m³. La prise d'eau est calée à la cote de 96m et la cote du déversoir de la retenue d'eau est de 101,5m. On constate que pour une hypothèse de 20ha (surface apte à l'irrigation en aval), le calage de PEN à la cote de 101.5m permet de satisfaire l'ensemble des besoins et l'on stocke presque le volume des apports annuels (1530000m³).

En saison pluvieuse, l'essentiel des besoins en eau des cultures est couvert par les pluies. Cependant une irrigation d'appoint pourra être faite à partir de la retenue d'eau et en saison sèche. C'est la culture du maïs qui est supposée pratiquée sur une superficie de 20ha et ses besoins sont estimés à 135920m^3 . Les besoins en eau pastoraux pour toute la campagne sont estimés à $22154,4\text{m}^3$.

L'eau consommée pendant la campagne de contre saison pour tous les usagers donne un volume de $569894,4\text{m}^3$.

Nous constatons que le plan d'eau à l'état actuel n'est soumis à aucune contrainte pour satisfaire les besoins des différents usagers (agriculture, élevage et autres).

Donc la capacité de la retenue est suffisante pour couvrir les besoins en eau de la culture du maïs tout en tenant compte des pertes et besoins pastoraux.

✓ Au niveau de la gestion des eaux du Barrage pour l'irrigation

Pour vérifier que le programme de la culture envisagé est effectivement possible, on doit faire une simulation d'exploitation pour un scénario donné. Nous avons considéré le maïs comme culture de référence qui a pour besoin en eau total de 135920m^3 pour les vingt hectares (20ha) supposées emblavées. Les scénarios considérés concernent la culture du riz et les cultures maraichères du fait qu'elles sont parmi la spéculation des agriculteurs de notre site. (Les détails pour le calcul des besoins en eau sont en annexe).

Scénario1 : La culture du Riz pour une superficie de vingt hectares

Les besoins nets du riz pour tout le cycle sont évalués à $19406,6\text{m}^3/\text{ha}$ soit 388132m^3 pour tout le périmètre.

Scénario2 : Les cultures maraichères pour une superficie de vingt hectares

Les besoins nets du maraichage pour tout le cycle sont évalués à $8611,9\text{m}^3/\text{ha}$ soit 172238m^3 pour tout le périmètre.

Nous pouvons, à l'issue de l'analyse de ces scénarios, déduire que la capacité de la retenue est suffisante pour couvrir les besoins en eau de chacune de ces cultures en tenant compte des pertes et consommations pastoraux.

IV .CONCLUSION ET RECOMMANDATION

Dans un pays sahélien comme le Burkina Faso, l'insuffisance des précipitations jumelée au non maîtrise du peu d'eau disponible, se présente comme des contraintes majeures dans la promotion du monde rural.

Le Barrage de moutori, réalisé pour une maîtrise totale de l'eau à divers fins montre des signes de disfonctionnement inquiétants pour l'ensemble des personnes concernées pour la vie de cet ouvrage. La présente étude qui a porté sur « les caractéristiques du barrage-aménagement hydro agricole de Moutori (Dano) et scénarios d'utilisation de l'eau pour une irrigation efficiente et durable » s'est déroulée à travers :

- la revue des connaissances bibliographiques relatives au pays, à la zone du barrage, sur le barrage et ses aménagements ;
- la revue des documents abordant les thèmes similaires ou ayant certains points communs avec notre sujet de mémoire ;
- la collecte des données relatives au site ;
- l'analyse du fonctionnement du système d'irrigation ;
- le choix des paramètres d'irrigation ;
- l'établissement des courbes Hauteur-Volume, Hauteur-Surface et courbe d'utilisation de la retenue.
- Le travail de reconstitution sous SIG du réseau du périmètre a été aussi utile dans la localisation des points devant nécessiter une attention lors des travaux à exécuter.

Elle a eu comme objectifs de générer la topographie complète par imagerie satellitaire du site de travail, de déterminer les caractéristiques hydrologiques du bassin versant, de déterminer les courbes hauteur-volume et hauteur-surface du barrage et enfin d'analyser les scénarios d'utilisation des eaux du barrage pour une irrigation.

Les résultats auxquels nous avons aboutis montrent ce qui suit :

- ❖ L'analyse du système d'irrigation (réseau de drainage et d'irrigation) nous a permis de conclure qu'il y a un gaspillage d'eau dans les parcelles du au non respect du calendrier d'irrigation et des tours d'eau ; un problème d'évacuation des eaux de ruissellement du aux contraintes topographiques imposées par la pente du terrain a été aussi constaté.
- ❖ Concernant l'analyse des apports en eaux, l'état de la pluviométrie actuelle nous montre que malgré les changements climatiques le petit bassin versant de Moutori n'a pas de contraintes au niveau du remplissage de la retenue.
- ❖ L'analyse de la courbe d'utilisation de la retenue montre que l'eau du barrage suffit pour assurer l'irrigation en contre saison.
- ❖ L'analyse des scénarios d'utilisation de l'eau du barrage pour l'irrigation nous a permis de conclure que la capacité de la retenue est suffisante pour couvrir les besoins en eau de chacune des cultures analysées en tenant compte des pertes et consommations pastorales et la culture qui demande moins de besoin en eau est celle du maïs.

Afin d'améliorer les conditions d'utilisation des eaux du barrage de Moutori, nous proposons ce qui suit :

- ❖ L'amélioration du système de gestion du barrage à travers la mise en place d'un organe de gestion de l'eau, des ouvrages, et de son environnement proche ;
- ❖ L'initiation d'un programme de renforcement de capacité des exploitants et du comité de gestion en matière de gestion de l'eau ;
- ❖ Une bonne organisation et un encadrement aux exploitants ;
- ❖ Une formation des exploitants pour le suivi et les travaux d'entretien ;
- ❖ Application de sanctions en cas de non respect des règles de fonctionnement.

BIBLIOGRAPHIE

- Amadou KEITA** (Enseignant au 2iE), *Cours Irrigation Gravitaire*, 2008/2009, 90 P
- Amadou KEITA** et **Ismâïla GUEYE**, *Rapport pré diagnostic technique du barrage et l'aménagement hydro agricole de Moutori* (Dano), 2 mai 2009, 22 p
- Amadou KEITA**, *Technique d'irrigation*; Cours dispensé en Msp, HSI, 2iE, 2009,95 P.
- Amadou KEITA**; *Irrigation gravitaire ou de surface* ; Cours dispensé en Msp, HSI, 2ie, 2009/2010, 131p
- Bulletin Fao d'irrigation et de drainage n°54**, *Crues et apports. Manuel pour l'estimation des crues décennales et des apports annuels pour les petits bassins versants non jaugés de l'Afrique sahélienne et tropicale sèche*; 1996 ,242p
- Gouvernement du Burkina Faso**, *note de politique d'hydraulique agricole*, 1993,90pp
- KABE KAGNE, D**, *Evaluation des performances d'irrigation du périmètre de moutori*, octobre 2009,49p
- Kouassi KOUAME**, *Base de l'irrigation ; cours dispensé en Master spécialisé HSI/2iE*, 2009.
- M.L. Compaoré**, *Cours de barrage 2^e édition*, novembre 1996,264p
- M.L. Compaoré**, *Cours de micros irrigation*, mars 2003
- M L. Compaoré**, *Petits barrages pour l'équipement rural en Afrique*, EIER, version provisoire, novembre1996, 266p
- ONBAH**, *Barrage de moutori (DANO : province IOBA), Avant Projet Détaillé, version définitif*, 1996.
- Projet Management de l'irrigation- Burkina Faso (PMI-BF)/Institut International du Management de l'Irrigation (IIMI)**, *Méthodologie d'évaluation des performances et de diagnostic des systèmes irrigués*, novembre 1996, 118 P
- Sylvain BERTON**, *La maîtrise des crues dans les bas-fonds (petits et micro barrages en Afrique de l'ouest)*, 1988

Thomas YILI 2005, *Monographie de la Commune Rurale de Dano, avril 2006, 62p*

Triboulet. J.P, *Gestion d'une retenue d'eau en amont d'un petit périmètre irrigué. Cession de formation IIMI/ETSHER Ouagadougou, Burkina Faso, 1993.*

ANNEXES

Annexe1 : Données d'établissement de la courbe Hauteur-volume et Hauteur-surface

Tableau 1: Paramètres topographiques de la cuvette :

Cote(m)	Dénivelée(m)	Surface (m ²)	Surface moyenne (m ²)	Volume partiel (m ³)	Volume cumulé (m ³)
96	0	0	0	0	0
96,21	0,21	23,81	11,90	25000	25000
96,73	0,73	41,65	32,73	43750	68750
96,98	0,98	47,60	44,63	50000	118750
97,02	1,02	59,50	53,55	62500	156250
97,08	1,08	59,50	59,50	62500	175000
97,19	1,19	71,40	65,45	75000	318531
97,57	1,57	95,20	83,30	100000	418750
97,65	1,65	107,10	101,15	112500	250750
97,65	1,65	107,10	107,09	112500	643750
97,9	1,9	130,90	119,00	137500	781250
98,18	2,18	154,70	142,80	162500	943750
98,07	2,07	154,69	154,69	162500	1106250
98,39	2,39	178,50	166,59	187500	1293750
98,36	2,36	194,41	186,45	204216	1497966
98,52	2,52	201,81	198,11	212000	1709966
98,62	2,62	220,14	210,98	231250	1941216
98,68	2,68	226,08	223,11	237500	2066216
98,92	2,92	249,90	237,99	262500	2441216
98,97	2,97	261,78	255,84	275000	2653716
99	3	268,92	265,35	282500	2998716
99,25	3,25	305,41	287,16	320813	3319529
99,29	3,29	315,33	310,37	331250	3650779
99,3	3,3	321,28	318,30	337500	3713279
99,62	3,62	356,99	339,13	375000	4363279
99,75	3,75	386,73	371,86	406250	4769529

100	4	437,36	412,05	459425	5228954
100,04	4,04	440,27	438,81	462500	5691454
100,18	4,18	464,08	452,17	487500	6178954
100,5	4,5	547,40	493,83	575000	6753954
100,96	4,96	642,60	595,00	675000	7428954
101,5	5,5	784,93	713,76	824500	8228454

Source : APD-Barrage de Moutori(DANO)

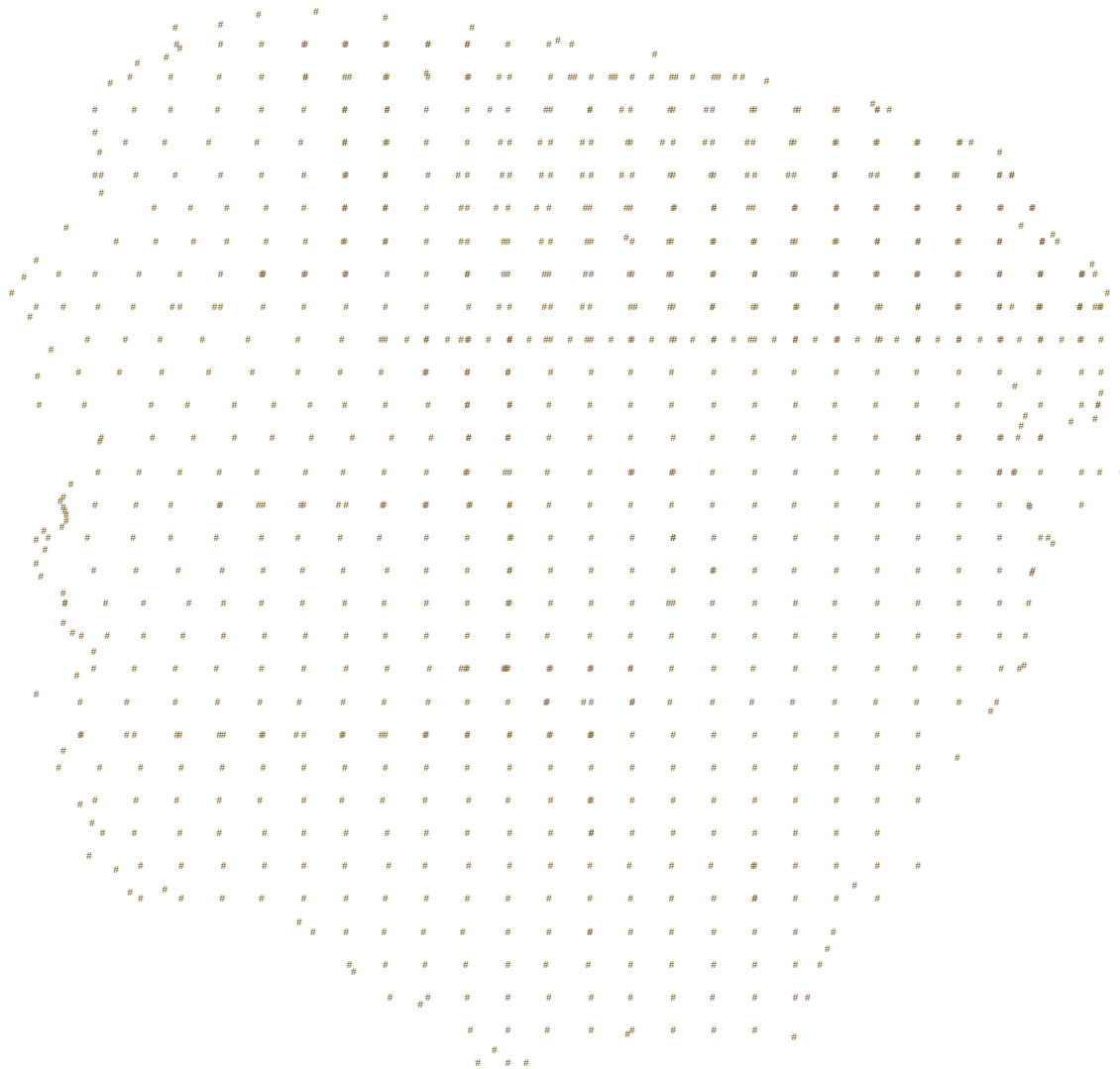
Annexe2 : Levé topographique du bassin versant et du périmètre irrigué à partir de Google earth

Le levé topographique a consisté à obtenir les coordonnées topographiques d'un grand nombre de point du bassin versant et du périmètre irrigué.

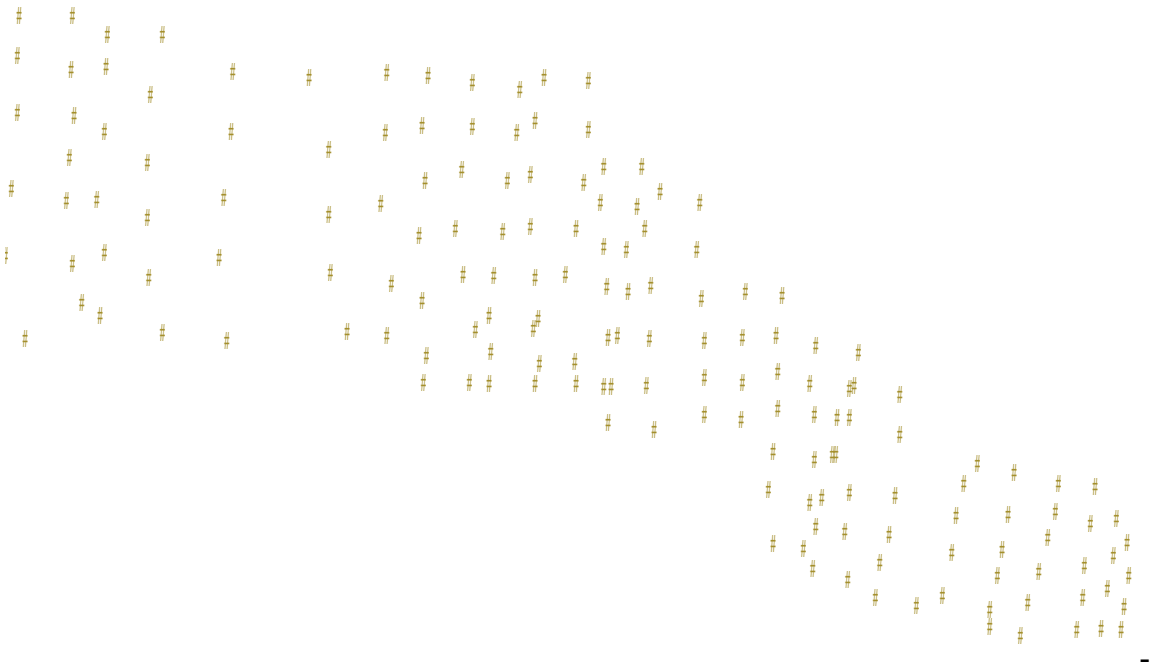
Le travail a été réalisé à partir du logiciel Google Earth. Pour obtenir ces coordonnées topographiques, nous avons utilisé l'option « grille » du menu affichage de ce logiciel.

Les coordonnées topographiques du bassin versant une fois obtenues, nous pourrons établir les courbes de niveau et déterminer les superficies au dessus des différentes cotes afin de dessiner la courbe hypsométrique.

-Levé topographique du bassin versant

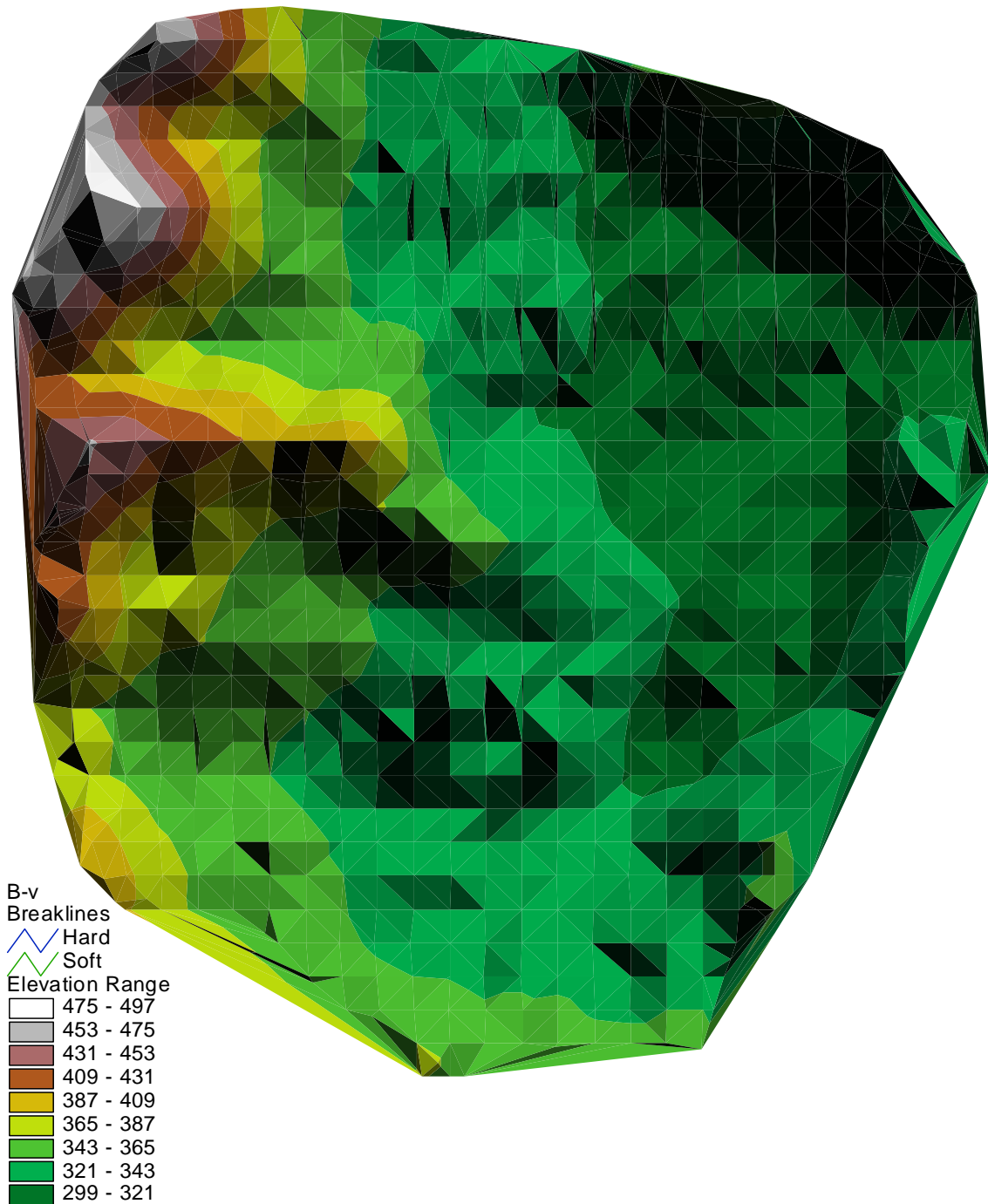


-Levé topographique du périmètre irrigué



Données servant à l'établissement de la courbe hypsométrique

Les superficies au dessus des différentes cotes ont été obtenues à partir de l'outil area and volume statistics du menu surface du logiciel Arcview.



Annexe 3 : Besoins en eau de la culture du riz et les cultures maraichères

1) Besoin en eau de la culture du riz

a) Périodes de culture

Le cycle de contre saison commence le 1^{er} décembre pour terminer fin mars. Son cycle dure environ quatre mois soit 120 jours.

b) Coefficient cultural du riz

Le coefficient cultural (Kc) représente la principale caractéristique agronomique à prendre en compte. Il varie suivant les cultures et leurs phases végétatives. Les valeurs de Kc pour le riz sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau 1: Coefficient Cultureux du Riz

Phase	Phase de reprise	Phase de tallage/montaison	Phase d'épiaison	Phase de maturation
Nombre de jours	30	40	20	30
Kc	1.05	1.1	1.15	1

Source : Cours besoins en eau des cultures (2ie)

Ce coefficient cultural Kc a été rapporté au mois.

Tableau2 : Kc mensuel du Riz

Mois	Jan.	Fév.	Mar	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Kc du riz	1.1	1.13	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1.05

c) Pluie efficace (Pe)

La pluie efficace (Pe) correspond à la quantité de pluies effectivement infiltrée dans le sol et utilisée avec profit par la plante. Son appréciation est difficile et imprécise. Elle est calculée par la formule de la FAO :

$$Pe = 0.8 * P$$

Tableau 3: Pluie efficace mensuelle

Mois	Jan	Fév	Mar	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov	Déc
Pe (mm)	0	0	6.35	33.68	65.82	114.51	169.67	197.3	149.11	30.45	3.55	0

d) Evapotranspiration maximale (ETM)

Elle correspond à l'évapotranspiration d'une culture à un stade de développement bien précis quand l'alimentation en eau n'est pas un facteur limitant. Pour les mois où la culture n'est pas encore installée, nous considérons ETM comme nulle.

$$ETM = Kc \cdot ETP$$

Tableau4 : ETM mensuelle

Mois	Jan	Fév.	Mar	Avril	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
ETM (mm)	194.7	2.6.96	196	0	0	0	0	0	0	0	0	163.8

e) Saturation

La saturation consiste à humidifier le sol en le mettant sous forme de boue pâteuse avant l'installation de la culture.

Pour le cycle sec, la saturation a lieu du 21 décembre au 31 décembre et a nécessité également un volume d'eau de 1500 m³/ha. (Source : cours besoin en eau des cultures 2ie).

f) Remplissage

Le remplissage correspond à la lame d'eau dans les casiers pour le développement de la culture. Pour les premiers mois de chaque cycle, lame d'eau admissible est de 50 mm, pour les deuxièmes et les troisièmes mois il y a augmentation de 50 mm; ce qui permet de maintenir la lame d'eau à 150 mm. Au cours des mois de décembre, janvier et février, la lame d'eau est renouvelée une seule fois tous les 15 jours. Ces mois correspondent aux phases de reprise, de tallage-montaison et d'épiaison où le riz est plus sensible aux attaques parasitaires et aux déficits d'éléments minéraux. A cause du renouvellement, la valeur de la lame d'eau pour le remplissage a été multipliée par deux.

Tableau 5 : Remplissage mensuel

Mois	Jan.	Fév.	Mar	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Remplissage (mm)	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100

g) Entretien

L'entretien correspond à la quantité d'eau à apporter pour compenser les pertes et maintenir la lame d'eau constante. Nous estimons ces pertes à 6mm /j.

Tableau 6: Entretien mensuelle

Mois	Jan	Fév.	Mar	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Entretien (mm)	180	180	180	0	0	0	0	0	0	0	0	180

h). Besoins nets mensuels du riz

Les besoins nets en eau de la culture du riz se calculent par la formule :

$$BN = ETM - Pe + \text{Saturation} + \text{Remplissage} + \text{Entretien}$$

Les résultats obtenus pour chaque mois sont présentés dans le tableau suivant:

Tableau 7: Besoin net mensuel

Mois	Jan	Fév.	Mar	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Besoin Net (mm)	474.7	496.96	369.35	0	0	0	0	0	0	0	0	593

i) Besoins nets total de la culture

Les besoins nets du riz pour tout le cycle sont évalués à 19340.1m³/ha soit 386801m³ pour tout le périmètre.

2) Besoins en eau des cultures maraichères

Pour le maraichage, la consommation a été calculée sur la base des besoins en eau de la culture de Tomate. Son cycle dure environ cent quarante cinq(145) jours et commence le 1^{er}décembre. Le tableau suivant représente le coefficient cultural (kc) de la culture.

Tableau8 : Coefficients Cultureux

Phase	I	II	III	IV
Nombre de jours	30	40	45	30
Kc	0.6	1.15	1.15	0.8

Source : Climwat

En rapportant le coefficient cultural Kc au mois, on a le tableau suivant :

Tableau9: Kc mensuel

Mois	Jan.	Fév.	Mar	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Kc	1.15	1.15	1.09	0.8	0	0	0	0	0	0	0	0.6

Source : Climwat

Les besoins en eau obtenus sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau10: Besoin net mensuel

Mois	Jan	Fév.	Mar	Avril	Mai	Juin	Jui.	Août.	Sept	Oct	Nov.	Déc.
BN (mm)	203.5 5	220. 8	213.6 4	129.6	0	0	0	0	0	0	0	93.6
BN (m ³ /ha)	2035. 5	2208	2136. 4	1296	0	0	0	0	0	0	0	936

Les besoins nets du maraichage pour tout le cycle sont évalués à 8611,9m³/ha soit 172238m³ pour tout le périmètre.