



ETUDES TECHNIQUES D'AVANT-PROJET DETAILLE DU BARRAGE DE DAWANEGOMDE PROVINCE DE KADIOGO, BURKINA FASO

**MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU
MASTER EN INGENIERIE DE L'EAU ET DE
L'ENVIRONNEMENT
OPTION : Eaux agricoles.**

Présenté et soutenu publiquement le 30 octobre 2017 par
NYAFEU LONTCHEP Stephane

Travaux dirigés par :
M. LO Moussa, Enseignant 2iE
M. SANOU Lassina, Ingénieur de Génie Rural, Directeur Général de CAFI-B
Dr. NIANG Dial, Enseignant Chercheur 2iE
Dr. BIAOU Angelbert, Enseignant Chercheur 2iE

Jury d'évaluation du stage :

Dr. Adjadi Lawani MOUNIROU, Président
M. Roland YONABA
M. Facia Giraude Filde ADEOSSI
M. Moussa LO
M. Lassina SANOU

Promotion [2016/2017]

DEDICACES

À Dieu le Tout Puissant qui m'a donné la vie et la santé de pouvoir accomplir ce mémoire dans les meilleures conditions.

et

À ma famille toute entière dont l'affection et le soutien multiforme ont été un levier de poids pour moi

REMERCIEMENTS

À la fin de cet ouvrage, je tiens à exprimer toute ma reconnaissance et ma gratitude à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à ma formation. Je remercie particulièrement :

Mon Directeur de Mémoire, Monsieur LO Moussa, enseignant 2iE dont le soutien et la cordialité m'ont permis d'avancer à pas de géant et surtout avec assurance dans mon travail.

Dr. NIANG Dial, Enseignant Chercheur 2iE, pour sa disponibilité et son apport intellectuel qui ont largement contribué à l'élaboration de ce mémoire.

Dr BIAOU Angelbert, Enseignant Chercheur 2iE, dont les conseils ont contribué énormément à l'élaboration de ce mémoire.

Le Directeur Général du bureau d'étude CAFI-B, Monsieur SANOU Lassina qui m'a permis d'effectuer mon stage dans un environnement de travail agréable et très professionnel.

Le Directeur Général Adjoint du bureau d'étude CAFI-B, Monsieur BAGORO O. Joseph, pour la sympathie et le soutien multiforme qu'il m'a apporté durant cette période de stage.

Monsieur MOULOKI Christian Jaures, Ingénieur de Génie Rural qui m'a prodigué de bons conseils, dont sa gentillesse et son soutien m'ont été très bénéfique.

Le superviseur des travaux de CAFI-B, Monsieur DAHANI O. J Lambert dont sa convivialité et ses précieux conseils ont facilité mon intégration au sein de CAFI-B et contribué à la réalisation de ce mémoire.

Le chargé des études à CAFI-B, Monsieur Samuel SAGNON T, Ingénieur de Génie Rural, auprès de qui j'ai beaucoup appris en 6 mois et dont sa sympathie est très grande.

L'ensemble du personnel de 2iE, ainsi qu'à tous mes amis et camarades de promotion pour les appuis de toute forme qu'ils m'ont toujours témoignés.

L'ensemble du personnel de CAFI-B dont l'accueil et la franche collaboration m'ont été très utile pour mon intégration et mon épanouissement au sein du bureau d'étude.

RÉSUMÉ

Ce mémoire, présente les études techniques d'avant-projet détaillé du barrage de Dawanegomde, située dans la commune de Tanghin-Dassouri, province du Kadiogo, région du centre du Burkina Faso.

*Situé à **34 km** de Ouagadougou, ce petit barrage inondera **47 ha** de terre pour une capacité de stockage de **244 862 m³** d'eau au Plan d'Eau Normal (PEN). Il est constitué d'une digue en terre homogène longue de **1146 m**, de hauteur maximale **3,75 m**, calée à la côte **340,75 m** avec une largeur crête est de **3,5 m**. Il comprend aussi un déversoir poids en béton situé en position centrale, long **170 m** et évacuant un débit de **80,86 m³/s**.*

*La tranchée d'ancrage variant de **0,5 m** à **3 m** de profondeur le long de la digue.*

*Un bassin de dissipation situé au seuil du déversoir de profondeur de **1 m** et de largeur de **6 m** dissipera l'énergie cinétique de l'eau qui sera guidée dans le lit du marigot par deux diguettes de protection.*

*À l'horizon **2045**, le barrage approvisionnera huit villages totalisant une population de **10915 habitants** et un cheptel de **6193 animaux**. En outre, le barrage permettra d'irriguer **4,4 ha**. Le spéculacion retenue est l'oignon. À cet effet, un ouvrage de prise situé en rive gauche et long de **20 m** avec comme diamètre **350 mm** sera réalisé.*

*Le cout global de l'ouvrage est estimé à **481 987 170 CFA**.*

Mots clés :

- 1. Dawanegomde.*
- 2. Bassin versant.*
- 3. Débit.*
- 4. Déversoire.*
- 5. irrigation*

ABSTRACT

This thesis presents the technical studies of the detailed preliminary design of the Dawanegomde dam, located in the commune of Tanghin-Dassouri, Kadiogo province, central region of Burkina Faso.

*Located **34 km** from Ouagadougou, this small dam will swallow **47 ha** of land for a storage capacity of **244 862 m³** at the Plan d'Eau Normal (PEN). It consists of a homogeneous earth dam, **1146 m** long, with a maximum height of **3.75 m**, set at the coast **340.75 m** with a crest width of **3.5 m**. It also includes a massive concrete weir located in a central position, **170 m** long and evacuating a flow of **80.86 m³ / s**.*

*The anchor trench ranges from **0.5 m** to **3 m** deep along the dike.*

*A dissipation basin located at the threshold of the weir with a depth of **1 m** and a width of **6 m** will dissipate the kinetic energy of the water which will be guided in the bed of the marigot by two protective bunds.*

*By **2045**, the dam will supply eight villages with a population of **10 915 inhabitants** and a livestock population of **6193 animals**. In addition, the dam will irrigate **4.4 ha**. The speculation retained is onion. For this purpose, a socket structure located on the left bank and **20 m** long with a diameter of **350 mm** will be made.*

*The overall cost of the project is estimated at **481 987 170 CFA**.*

Keywords:

- 1. Dawanegomde.*
- 2. Watershed.*
- 3. Flow.*
- 4. Overfall.*
- 5. irrigation*

TABLE DES MATIERES

<i>DEDICACES</i>	<i>i</i>
<i>REMERCIEMENTS</i>	<i>ii</i>
<i>RÉSUMÉ</i>	<i>iii</i>
<i>ABSTRACT</i>	<i>iv</i>
<i>TABLE DES MATIERES</i>	<i>v</i>
<i>LISTE DES TABLEAUX</i>	<i>vii</i>
<i>LISTE DES FIGURES</i>	<i>vii</i>
<i>LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS</i>	<i>ix</i>
<i>I INTRODUCTION GENERALE</i>	<i>1</i>
I.1- Contexte et problématique.....	<i>1</i>
I.2- Objectif général.	<i>2</i>
I.3- Objectifs spécifiques.....	<i>2</i>
<i>I. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL</i>	<i>2</i>
II.1- CAFI-B.....	<i>2</i>
II.2- Les missions de CAFI-B	<i>2</i>
<i>II. CARACTÉRISATION DE LA ZONE D'ÉTUDE</i>	<i>3</i>
III.1- Localisation de la zone d'étude.	<i>3</i>
III.2- Climat, sols et végétation.	<i>4</i>
III.3- Hydrographie et ressources fauniques.	<i>5</i>
III.4- Milieu sociodémographique.....	<i>5</i>
III.5- Activité et ressources.....	<i>6</i>
III.6- Infrastructures hydrauliques de village de DAWANEGOMDE.	<i>6</i>
<i>III. MATERIELS ET METHODES</i>	<i>7</i>
IV.1- Matériels.	<i>7</i>
IV.2- Méthodes.....	<i>8</i>
<i>IV. RESULTATS ET DISCUSSION</i>	<i>24</i>
V.1-Approche participative et reconnaissance du terrain.....	<i>24</i>

V.2- Études topographiques	25
V.3- Études géotechniques et pédologique	25
V.4- Étude de la retenue.....	25
V.5- Étude climatique.....	27
V.6- Études hydrologiques.....	30
V.7- Études des crues.	32
V.8- Études des apports et pertes.....	33
V.9- Conception et dimensionnement du barrage.....	35
V.10- Étude de l'évacuateur de crues	37
V.11- Étude de stabilité.....	38
V.12- Bassin de dissipation	40
V.13- Ouvrages de prise, de vidange et l'échelle limnimétrique.	42
V.14- Une échelle limnimétrique.....	42
V.15-Notice d'impact environnemental (NIE).....	42
V.16- Impacts sur l'environnement.	42
V.17- Impacts sur la population.....	43
V. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS.	43
VI. BIBLIOGRAPHIQUE.....	I
ANNEXES.....	II
ANNEXE I : ETUDES SOCIO-ECONOMIQUE ET ENVIRONNEMENTALE.	III
ANNEXE II : ETUDE DE BASES.....	VII
ANNEXE III : ETUDE HYDROLOGIQUE	XXVI
ANNEXE IV : ETUDE DE LA DIGUE ET DES OUVRAGES ANNEXES	XLVII
ANNEXE V : METRE	LXXVII
ANNEXE VI : CARTES ET PLANS.....	XCVIII

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: coordonnées géographiques et UTM du site du barrage	3
Tableau 2: Formule du volume de la retenue.....	9
Tableau 3: Paramètres du bassin versant	10
Tableau 4: Indice global de pente	11
Tableau 5: Débit de pointe décennal, méthode ORSTOM.....	11
Tableau 6: Débit de crue décennal, méthode CIEH	12
Tableau 7: Débit de crue du projet.....	12
Tableau 8: Volume des apports liquides annuels du Bassin-versant au droit du barrage	13
Tableau 9: Formule de EIER - CIEH (GRESILLON).....	15
Tableau 10: Formule de BERNARD POUYAUD	15
Tableau 11: Rgle de Lane.....	16
Tableau 12: Formule de la hauteur maximale de la digue	16
Tableau 13: Autre formule de la hauteur maximale de la digue	16
Tableau 14: Formules de la largeur en crête.....	17
Tableau 15: Formule de la longueur de la fondation.....	17
Tableau 16: Équation de la ligne phréatique de KOSENY.....	18
Tableau 17: Débit de fuite en fonction de l'angle.....	19
Tableau 18: formule de l'épaisseur de drain	19
Tableau 19: Formule de l'équation de laminage de crue	20
Tableau 20: Formule de la revanche.....	20
Tableau 21: forces agissantes sur l'ouvrage.....	21
Tableau 22: Le calcul de la stabilité.....	21
Tableau 23: Coordonnées UTM des bornes de la cuvette du barrage	Erreur ! Signet non défini.
Tableau 24: Données pluviométriques de la station synoptique de Ouagadougou	27
Tableau 25: Paramètres de Gauss.....	27
Tableau 26: Résultats des analyses pluviométriques.....	27
Tableau 27: Paramètres de Gumbell.....	29
Tableau 28: Analyse des séries de pluies journalière maximale à la station synoptique de Ouagadougou.....	29
Tableau 29: synthèse des analyses des séries de pluies annuelles et maximales journalières	29
Tableau 30: caractéristiques géomorphologiques du bassin-versant.....	31
Tableau 31: paramètres de détermination de la crue.....	32
Tableau 32: Calcul de crue centennale	33
Tableau 33: Apports dans la retenue.....	34
Tableau 34: Besoins en eaux	35
Tableau 35: résultats la conception de la digue	36
Tableau 36: Résultats du laminage	38
Tableau 37: hauteur d'eau au plan d'eau normale	38
Tableau 38: Résultats du calcul de stabilité du déversoir	38
Tableau 39: Caractéristiques géométriques des bajoyers.....	39
Tableau 40: Résultat des paramètres de calcul du bassin versant	40
Tableau 41: caractéristiques de l'ouvrage de prise	Erreur ! Signet non défini.

LISTE DES FIGURES

*ETUDE TECHNIQUE D'AVANT-PROJET DETAILLE DU BARRAGE DE DAWANEGOMDE
PROVINCE DE KADIOGO, BURKINA FASO*

<i>Figure 1: Carte de localisation du village de DAWANEGOMDE.....</i>	<i>4</i>
<i>Figure 2: religions pratiquées dans le village de DAWANEGOMDE.....</i>	<i>6</i>
<i>Figure 3: Courbe Hauteur-Volume de la retenue d'eau de DAWANEGOMDE.....</i>	<i>26</i>
<i>Figure 4: Courbe hauteur-Surface de la retenue de DAWANEGOMDE</i>	<i>26</i>
<i>Figure 5: Diagramme des pluies moyennes mensuelles</i>	<i>28</i>
<i>Figure 6: Carte du bassin versant du barrage de Dawanégomdé.....</i>	<i>31</i>
<i>Figure 7: illustration de la nature et le mouvement des apports et pertes dans la retenue.....</i>	<i>34</i>
<i>Figure 8: Cas de la retenue pleine</i>	<i>40</i>
<i>Figure 9: Cas de le retenue vide.....</i>	<i>40</i>

LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS

2iE : Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement

AEP : Adduction d'Eau Potable

AEPS : Adduction d'Eau Potable Simplifiée

APD : Avant-Projet Détaillé

BECOHA : Bureau d'Etude et de Contrôle des Ouvrages Hydraulico-Agricoles et Annexes

BTP : Bâtiment Travaux Publics

CAFI-B : Compagnie Africaine d'Ingénierie-Burkina

CIEH : Comité Interafricain des Etudes Hydrauliques

CVD : Comité Villageois de Développement

EIER : Ecole Inter-Etats des Ingénieurs de l'Equipements Rural

FAD : Africain de Développement

GPS : Global Positioning System

IGB : Institut Géographique du Burkina

MEF MEF: Ministère de l'économie et des finances

ORSTOM : Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer

P2RS : Programme de renforcement de la résilience à l'insécurité alimentaire et nutritionnelle au sahel

PEN : Plan d'Eau Normal

PHE : Plus Haute Eaux

RGPH : Recensement général de la population et de l'habitation

TN : Terrain Naturel

UTM : Urchin Tracking Module

FICHE TECHNIQUE DU BARRAGE DE DAWANEGOMDE

N°	DESIGNATION	CARACTERISTIQUES
I	LOCALISATION	
1.1	Village	Dawanégomdé
1.2	Commune	Tanghin Dassouri
1.3	Province	Kadiogo
1.4	Région	Centre
1.5	Longitude	01° 47' 17'' Ouest
1.6	Latitude	12° 16' 52'' Nord
1.7	Distance de Tanghin Dassouri	9 km
1.8	Distance de Ouagadougou	34 km
II	BASSIN VERSANT	
2.1	Superficie	18,08 km ²
2.2	Périmètre	30,35 km
2.3	Débit de crue de projet (centennale)	105,01 m ³ /s
2.4	Pluie annuelle moyenne (Pan)	790 mm
2.5	Pluie décennale sèche	596 mm
2.6	Pluie décennale humide	983 mm
2.7	Pluie journalière décennale humide (P10)	108,81 mm
2.8	Pluie journalière centennale humide (P100)	165,89 mm
2.9	Apport d'eau annuel en année moyenne	1928 232 m ³
2.10	Apport d'eau annuel en année décennale humide	1376 900,48 m ³
2.11	Apport d'eau annuel en année quinquennale sèche	984 112,48 m ³
III	RETENUE D'EAU	
3.1	Volume d'eau à la côte du Plan d'Eau Normal (PEN)	244 862 m ³
3.2	Surface du plan d'eau à la côte du Plan d'Eau Normal	47,06 ha
IV	DIGUE	
5.1	Type	Homogène en argile
5.2	Longueur	1 117,89 m
5.3	Hauteur maximale	3,75 m
5.4	Largeur en crête	3,50 m
5.5	Pente du talus amont	1V/2H
5.6	Pente du talus aval	1V/2H

*ETUDE TECHNIQUE D'AVANT-PROJET DETAILLE DU BARRAGE DE DAWANEGOMDE
PROVINCE DE KADIOGO, BURKINA FASO*

N°	DESIGNATION	CARACTERISTIQUES
V	TRANCHEE D'ANCRAGE	
6.1	Largeur au plafond	3,50 m
6.2	Profondeur maximale	3,00 m
6.3	Pente des talus	1H/3V
VI	EVACUATEUR DE CRUES	
7.1	Nombre	1
7.2	Position	Centrale
7.3	Type	Déversoir poids en béton
7.4	Charge maximale d'eau sur le seuil déversant	0,5 m
7.5	Revanche sur le déversoir	0,5 m
7.6	Longueur	170m
7.7	Hauteur maximale	2,75 m
7.8	Longueur du bassin de dissipation	6.07 m
VII	OUVRAGE DE PRISE	
8.1	Nombre	1
8.2	Position	rive gauche
8.3	Type	prise aval
8.4	Type de conduite	Fonte
8.5	Diamètre de la conduite	350 mm
8.6	Longueur de la conduite	20 m
8.7	Nombre de vanne	1
8.8	Position de la vanne	Aval
VIII	DIGUETTES DE PROTECTION	
9.1	Nombre	2
9.2	Type	Homogène en argile
9.3	Longueur	30 m
9.4	Hauteur maximale	1,50 m
9.5	Largeur en crête	3,00 m
9.6	Pente du talus amont	1V/2H
9.7	Pente du talus aval	1V/2H
IX	PERIMETRE A L'AVAL	
10.1	Supecie	4.4 ha
10.2	Débit d'équipement	0.1 l/s/ha

I INTRODUCTION GENERALE

I.1- Contexte et problématique.

En Afrique subsaharien, l'eau reste et demeure encore une denrée rare. En effet, ceci est dû à l'action simultanée de plusieurs facteurs tels que le changement climatique, la mauvaise gestion et la non maîtrise des ressources en eaux, la pression démographique. Les conséquences de cette rareté en sont énormes : la sous-production, l'insécurité alimentaire, la malnutrition et les maladies d'origines hydriques.

Au cours de la dernière décennie, le secteur agricole a affiché des performances appréciables au Burkina Faso. En effet, l'agriculture a contribué en moyenne pour 20% au PIB du pays entre 2000 et 2012 (MEF/IAP, 2012).

Toutefois, en dépit de ces bonnes performances, les populations sont restées exposées à l'insécurité alimentaire et nutritionnelle. C'est dans le but d'aider ces populations à faire face à cette situation que l'Etat Burkinabé a obtenu en Janvier 2015, un prêt du Fonds Africain de Développement (FAD) pour financer le Projet 1 du Programme de Renforcement de la Résilience à l'insécurité alimentaire et nutritionnelle au Sahel (Projet 1-P2RS).

Le but de ce programme est de renforcer la résilience des populations vulnérables à l'insécurité alimentaire et nutritionnelle au Sahel. La résilience étant considérée comme : « la capacité des ménages, familles, communautés et des systèmes vulnérables à faire face à l'incertitude et au risque de choc, à résister au choc, à répondre efficacement et à s'adapter de manière durable aux changements climatiques », le P2RS cherche ainsi à éradiquer les causes structurelles des crises alimentaires et nutritionnelles aiguës et chroniques.

Pour ce faire, le projet 1 du P2RS réalisera des infrastructures de mobilisation de l'eau, ainsi que des aménagements hydroagricoles dans les communes rurales ciblées. C'est dans ce cadre que le bureau d'étude CAFI-B s'est vu attribué le marché des études et de faisabilité de la réalisation de quatre (4) nouveaux barrages et aménagements de périmètres irrigués dans la zone d'intervention du Projet 1-P2RS, dont le barrage de DAWANEGOMDE dans la commune rurale de Tanghin Dassouri.

C'est également dans ce cadre que le présent mémoire de fin d'étude s'est articulé, sur le thème « **ETUDE TECHNIQUE D'AVANT-PROJET DETAILLE DU BARRAGE DE DAWANEGOMDE, PROVINCE DE KADIOGO, BURKINA FASO** ». Ainsi dans un premier temps, nous ferons une présentation de la zone du projet et de ses objectifs. Ensuite nous aborderons la démarche méthodologique, et présenterons les matériels utilisés, qui sera suivi de la

conception générale du barrage et des ouvrages annexes. Enfin nous terminerons par une discussion, une conclusion, des recommandations et l'avant-métré des ouvrages.

I.2- Objectif général.

Le présent mémoire a pour objectif général la réalisation d'un dossier technique d'avant-projet détaillé permettant de construire le barrage de DAWANEGOMDE afin d'offrir des opportunités pour l'augmentation de la production agro-pastorale tant en hivernage qu'en saison sèche.

I.3- Objectifs spécifiques.

En vue d'atteindre l'objectif général, nous nous fixons comme objectifs spécifiques la réalisation :

- D'une synthèse des études de base ;
- Des études hydrologiques ;
- Conception et dimensionnement du barrage ;
- Avant-métré des différents ouvrages du projet.

I. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL.

II.1- CAFI-B

Soucieux d'accompagner le gouvernement burkinabé et les autres acteurs dans leur politique de développement et de lutte contre la pauvreté, Mr SANOU Lassina a créé en 2003 la Compagnie Africaine d'Ingénierie-Burkina en abrégé CAFI-B dont il est le Directeur Général. CAFI-B est une SARL qui fait office de bureau d'étude, son siège est situé à NIOKO 1, Ouagadougou-Burkina Faso et répondant à l'adresse suivante O6 BP 10489 Ouagadougou 06 Burkina Faso, Tél (00226) 25 50 01 99, Email : cafi@fasonet.bf

II.2- Les missions de CAFI-B

CAFI-B a pour mission d'accompagner, soutenir, et conseiller les acteurs du développement dans leurs efforts pour l'amélioration des conditions et du cadre de vie des populations. Fort de cette raison, la structure présente une panoplie de prestations telles que :

- ❖ Études ; Contrôles ; Conseils ; Assistance technique ; Formation.

Dans les domaines aussi variés que :

- ❖ Hydraulique et aménagement (Barrages, périmètres hydroagricoles, hydraulique villageoise : forage, puits...)
- ❖ Adduction d'eau (AEPS, AEP, station de pompage, station de traitement, Ouvrages de stockage...)
- ❖ Génie Civil (BTP, routes, pistes rurales, ouvrages d'art...)

Les prestations de conseils, d'études et d'ingénierie proposées par CAFI-B sont effectuées dans le respect de la déontologie qui régit les professions d'ingénieurs-conseils. Toujours à la pointe de l'actualité, des procédés/méthodes et des technologies innovantes, le cabinet CAFI-B vous accompagne avec professionnalisme, rigueur, créativité et célérité dans tous vos projets.

II. CARACTÉRISATION DE LA ZONE D'ÉTUDE.

III.1- Localisation de la zone d'étude.

Le site de projet se situe dans le village de DAWANEGOMDE, commune de Tanghin-Dassouri, province du Kadiogo dans la région du Centre. Le village de DAWANEGOMDE est situé à 9 km de Tanghin-Dassouri, chef-lieu de province et de commune. La distance totale à parcourir de Ouagadougou au site du barrage par cet itinéraire est de 34 km.

Les villages limitrophes du site de DAWANEGOMDE sont :

- ❖ À l'Est : Ballé, Nippone,
- ❖ À l'Ouest : Bogodogo II,
- ❖ Au Nord : Silmissin,
- ❖ Au Sud : Douré.

Les coordonnées géographiques et UTM du site du barrage, prises au GPS et confirmées par la carte IGB au 1/200 000^{ème} de Ouagadougou sont les suivantes :

Tableau 1: coordonnées géographiques et UTM du site du barrage

Coordonnées géographiques UTM, WSG 1984		Coordonnées UTM, WSG 1984		Point de référence
Longitude	Latitude	X	Y	
01° 47' 17'' W	12° 16' 52'' N	631801,88	1357935,24	Rive gauche de la digue

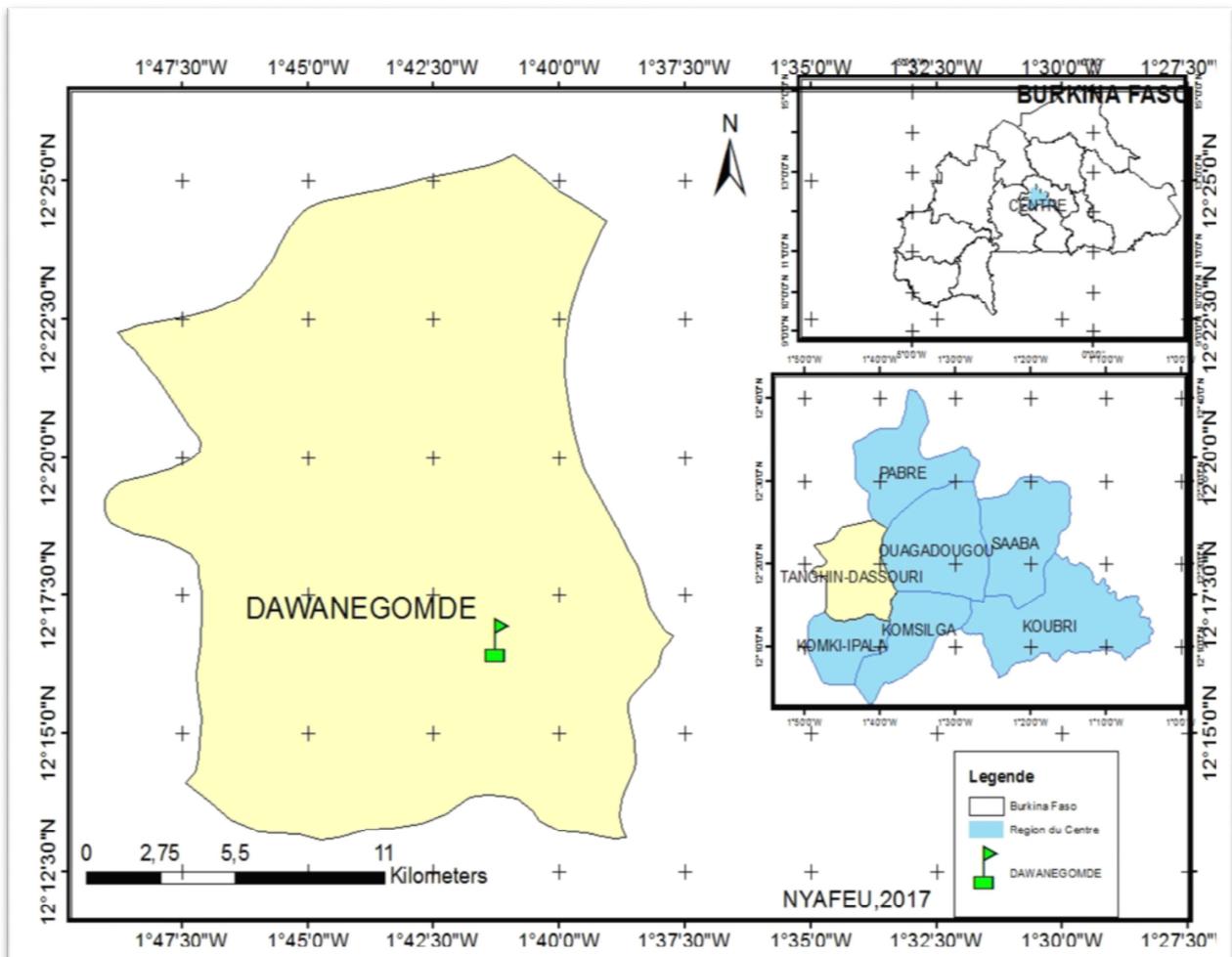


Figure 1: Carte de localisation du village de DAWANEGOMDE

III.2- Climat, sols et végétation.

La zone du projet se situe dans le domaine climatique soudano sahélien marqué par deux saisons bien distinctes dans l'année. La saison sèche dure 7 mois et va du mois de novembre à mai ou même juin et une saison pluvieuse de mai ou juin à octobre. La pluie moyenne annuelle est 790mm sur la période 1952 à 2014. Les températures journalières les plus élevées sont situées au mois d'avril

Les différents types de sols que l'on rencontre dans la zone circonscrite par le présent projet sont :

Les sols hydro morphes qui appartiennent au groupe des pseudo Gley d'ensemble, associés aux sols peu évolués hydro morphes sur matériaux alluviaux sablo- limoneux à limoneux. *Les sols minéraux bruts d'origine non climatique* sont associés aux sols pseudo Gley hérités à tâches et concrétions sur matériaux argilo-sableux bigarrés. *Les sols peu évolués d'origine non climatique* sont associés aux lithosols sur cuirasse ferrugineux sur matériaux gravillonnais.

La végétation est de type savane parc avec une grande représentativité d'espèces de parc agro forestier comme le Karité, le résinier, le tamarinier. Les espèces introduites dans le terroir sont le neem ou *Azadirachta indica*, le cassia ou *Cassia siamea* et l'eucalyptus ou *Eucalyptus camaldulensis*. Les formations végétales importantes sont retrouvées au niveau de la cuvette où l'on retrouve des espèces comme le néré ou *Parkia biglobosa*, *Khaya senegalensis* ou caïlcédrat, le figuier ou *Ficus gnaphalocarpa*, le Gaanka en mooré ou *Diospyros mespiliformis*.

III.3- Hydrographie et ressources fauniques.

Le réseau hydrographique du village de DAWANEGOMDE se caractérise essentiellement par le bas-fond faisant l'objet de la présente étude. Il traverse le village de DAWANEGOMDE de l'Est en Ouest.

La faune de la zone du projet est principalement composée de petit gibier comme les porc-épic, les rats voleurs, des pintades sauvages, des lièvres.

III.4- Milieu sociodémographique.

Le village de DAWANEGOMDE compte six (06) quartiers. Pour la gestion du pouvoir, le chef a des ministres et est aidé par des représentants par quartier. La cour royale dispose d'un conseil de sages. Le pouvoir moderne est géré par le maire qui est le garant de l'administration communale et le préfet qui est le garant de l'administration publique. On note la présence d'un conseiller municipal dans le village en plus du Comité Villageois de Développement (CVD).

La zone d'influence diffuse du projet couvre huit (08) villages y compris le village promoteur qui est DAWANEGOMDE (**voir annexe I ; page IV**). Aussi, pour estimer la population bénéficiaire ainsi définie, il a été utilisé les données du recensement général de la population du Burkina Faso réalisé en 2006 (RGPH, 2006).

Avec un taux d'accroissement de la population de 0,13% dans la zone du projet, la population est de 10 635 habitants pour l'année 2015 comprenant 5 781 femmes et 4 854 hommes. La proportion des femmes dans la zone du projet (54,51%) est supérieure à la moyenne nationale qui est de 52,71% (RGPH, 2006). La population active est majoritairement constituée des jeunes (**Voir annexe I ; page V**).

Tableau 2: Population active de la zone du projet

ENTITE GEOGRAPHIQUE	Population résidente			
	0-14 ans	15-64 ans	65 ans ou +	Age N.D.
DAWANEGOMDE	296	268	48	0

BALOLE	1 216	1 301	126	2
SILMISSIN	1 758	1 743	210	34
NABITINGA II	790	817	57	37
MANEGA	863	839	97	10
Zone du projet en 2006	4 923	4 968	538	83
Zone du projet en 2015	4 981	5 026	544	84
Pourcentages des classes d'âges	46,83%	47,26%	5,12%	0,79%

Source : RGPH, 2006 ; extrapolation faite au taux d'accroissement communal.

Les mossis constituent l'essentiel des groupes ethniques et s'expriment en langue **mooré** (Voir **annexe I ; page VI**). Sur le plan religieux, on note une coexistence pacifique entre les différentes religions les plus pratiquées sont l'islam et le catholicisme (voir tableau 4 annexe I) comme l'illustre la figure suivante :

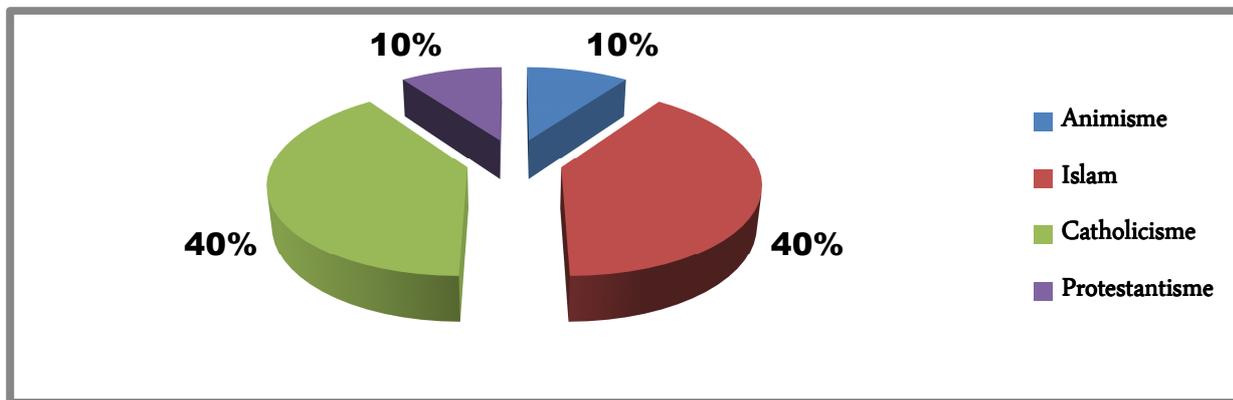


Figure 2: religions pratiquées dans le village de DAWANEGOMDE

III.5- Activité et ressources.

L'agriculture constitue la principale activité socio-économique des habitants de la zone du projet, et l'élevage en est la seconde. Tous pratique l'agriculture comme l'illustre le résultat des enquêtes (Voir **Annexe I ; page VI**). Cependant on note aussi les autres activités telles que le commerce ; la mécanique.

III.6- Infrastructures hydrauliques de village de DAWANEGOMDE.

Au terme de l'inventaire, le village de DAWANEGOMDE compte les infrastructures hydrauliques suivantes :

- ❖ Quatre (04) forages dont quatre (04) étaient fonctionnels à la date de l'enquête ;
- ❖ Quatre (04) puits à grand diamètre dont un (01) seul est fonctionnel à la date de l'enquête ;
- ❖ Un (01) château d'eau au quartier Linoghin.

III. MATERIELS ET METHODES.

IV.1- Matériels.

La réalisation du présent mémoire a nécessité l'utilisation de plusieurs types de matériels en fonction des besoins. Ainsi pour chaque besoin, nous avons utilisé au moins un type de matériel :

IV.1.1- Les levés topographiques

Les levés topographiques ont mobilisé le matériel suivant :

- ❖ Un (01) niveau automatique et accessoires ;
- ❖ Deux (02) mires de nivellement direct ;
- ❖ Une (01) chaîne de 50 m ;
- ❖ Un (01) GPS ;
- ❖ Un lot de petit matériel ;
- ❖ Un véhicule 4x4 tout terrain.

IV.1.2- Les travaux de bureaux.

Les travaux de bureaux ont nécessité le matériel suivant :

- ❖ Un ordinateur pour traitement de données ;
- ❖ Autocad et Covadis 2007 pour la conception des plans et l'élaboration des différents profils ;
- ❖ Google Earth et Global Mapper V16.0 pour la décimation du bassin versant ;
- ❖ Arcgis pour la réalisation des différentes cartes ;
- ❖ Microsoft (World 2010 et Excel 2010) pour, la saisie des données et les calculs ;
- ❖ Le logiciel Hyfran pour la vérification des traitements de données pluviométriques ;
- ❖ Une imprimante pour les impressions ;
- ❖ Geo-slope pour la vérification de la stabilité des pentes.

IV.2- Méthodes.

La réalisation du rapport d'avant-projet détaillé (APD) a nécessité une démarche méthodologique articulée autour de quatre (04) grands axes que voici :

- ❖ La recherche bibliographique : Cette étape consistait à faire de la recherche sur internet à consulter les cartes, à lire les documents, les anciens mémoires relatifs aux barrages ;
- ❖ La collecte des données : Elle s'est faite en plusieurs étapes. Tout d'abord nous avons visité le site où sera réalisé l'ouvrage, ensuite une étude sociologique a été réalisée et enfin les équipes d'études environnementale et topographique ont couronné cette étape ;
- ❖ L'analyse des données et l'établissement des données de bases pour la conception de l'ouvrage ;
- ❖ La conception de l'ouvrage et l'élaboration d'un rapport d'APD constitué d'un mémoire explicatif et d'une note de calcul et des pièces dessinées.

IV.2.1- Approche participative et reconnaissance du terrain.

La démarche participative a permis d'intégrer les préoccupations pertinentes des populations locales. Ainsi la forte implication de tous les acteurs de la commune de DAWANEGOMDE, des villages concernés et des services techniques opérant dans la zone de l'étude a contribué à la collecte des informations tant qualitatives que quantitatives. La reconnaissance du terrain permettra d'identifier le tracé approximatif de l'axe de la digue et de donner les recommandations et orientations pour la bonne marche des études topographiques.

IV.2.2- Étude socio-économique et environnementale.

Les études socio-économiques et environnementales ont été réalisées dans le village et sur le site devant accueillir le projet. Ces études permettent non seulement de prendre en compte l'avis des populations affectées par le projet mais aussi de mesurer les impacts positifs et négatifs du projet sur lesdites populations ainsi que sur l'environnement et enfin de prendre des mesures compensatrices.

IV.2.3- Études topographiques.

Dans le cadre de la présente étude, une vaste campagne topographique a été entreprise par le bureau d'études CAFI-B sur le site prévu pour la réalisation du barrage ainsi qu'à l'aval pour couvrir la zone potentielle d'implantation du périmètre irrigué

IV.2.4- Études géotechniques et pédologiques.

Dans le cadre des études géotechniques et pédologique, les puits à ciel ouvert ont été exécuté le long de l'axe de la digue, les échantillons prélevés ont été analysés par le laboratoire BECOHA en vue de déterminer la portance et la composition minéralogique du sol.

IV.2.5- Étude de la retenue.

La topographie de la cuvette a été étudiée d'après le plan coté établi à l'échelle 1/2 000ème. Les données recueillis sur le plan topographique de la cuvette ont permis d'établir les courbes hauteur-volume et hauteur-surface. Elles donnent les différents volumes d'eau et les surfaces pour chaque courbe de niveau de la retenue projetée

Tableau 3: Formule du volume de la retenue

$V_i = (S_{i-1} + S_i) * \Delta h / 2$	V_i : volume d'eau entre les courbes de niveau i-1 et i S_{i-1} : surface du plan d'eau correspondant à la courbe i-1, (h_{i-1}) S_i : surface du plan d'eau correspondant à la courbe i, (h_i) Δh : dénivelée entre les deux courbes de niveau i-1 et i, soit h_i et h_{i-1}
--	--

IV.2.6- Étude climatique.

Dans notre cas, les données pluviométriques ayant servi de base à l'étude sont celles de la station synoptique de Ouagadougou. Ainsi les analyses ont été faites à l'aide des logiciels Hyfran et Excel afin de déterminer la zone climatique ainsi que les quantiles correspondant aux différentes périodes de retour pour un niveau de confiance estimé à 95%. Les pluies moyennes annuelles et les pluies maximales journalières s'étalent sur la période 1952 à 2014, soit une taille de 62 valeurs pour chaque cas.

Les pluies moyennes annuelles ont été analysée par ajustement à la loi normale de GAUSS dont la fonction de répartition est :

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^u e^{-\frac{1}{2u^2}} du \quad \text{Avec} \quad u = \frac{x-\bar{x}}{s} \quad \text{la variante réduit ; Paramètres de la loi : sont la moyenne } \bar{x} \text{ et l'écart type } S$$

Les pluies maximales journalières ont été analysée par ajustement à la loi de GUMBEL dont la fonction de répartition est :

$$F(x) = e^{-e^{-a(x-x_0)}}; \quad x_0: \text{paramètre de position} \quad \frac{1}{a}: \text{paramètre d'échelle}$$

IV.2.7- Études hydrologiques.

IV.2.7.1- Caractérisation du bassin versant

La délimitation du bassin versant a été réalisée à l'aide des logiciels Google Earth, Global Mapper et Arcgis.

❖ Taille du bassin versant et type du réseau hydrographique

La surface (S) et le périmètre (P) sont déterminés automatiquement par le logiciel Global Mapper. La connaissance de la surface permet de déterminer la taille du bassin et la morphologie permet de déterminer le type de réseau hydrographique ;

❖ Coefficient de compacité de Gravelius et longueur du rectangle équivalent, dénivelé spécifique et densité de drainage.

Le coefficient de compacité de Gravelius ou de forme, correspond au rapport du périmètre du bassin à celui d'un cercle de même superficie, la longueur du rectangle équivalent est celle du rectangle ayant la même superficie que le bassin considéré, la dénivelée spécifique :

Tableau 4: Paramètres du bassin versant

$K_G = 0.282 * P/\sqrt{S}$ $L = \frac{P + \sqrt{P^2 - 16S}}{4}$ $D_d = \frac{\sum L_i}{S}$ $D_s = I_g * \sqrt{S}$	<p>P : Périmètre stylisé du bassin, en km S : Superficie du bassin versant, en km² L : Longueur du rectangle équivalent, en km K_G : Coefficient de Gravelius D_d: Densité de drainage Km⁻¹ ∑ L_i: Longueur totale des cours d'eau (Km) D_s: Dénivelé spécifique(m)</p>
---	---

❖ Courbe hypsométrique.

La courbe hypsométrique représente la répartition des pourcentages de la surface du bassin versant en fonction des altitudes.

❖ Indice global de pente I_g

L'indice global de pente I_g est une grandeur qui caractérise le bassin versant, il correspond au rapport de la dénivelé D séparant les altitudes à 5% et 95% de la courbe hypsométrique à la longueur du rectangle équivalent.

Tableau 5: Indice global de pente

$I_g = D/L$	<p>D(m) : dénivelée séparant les altitudes ayant approximativement 5% et 95% de la surface.</p> <p>L (Km) : longueur du rectangle équivalent en km.</p>
-------------	---

IV.2.7.2- Études des crues

Le calcul des crues seront décennales et centennales seront faites à deux méthodes différentes :

IV.2.7.2.1- Méthode ORSTOM

La méthode d'ORSTOM consiste donc à déterminer le volume ruisselé, le temps de montée et de base, pour les bassins en zone sahéenne et en zone tropicale sèche. Le débit de pointe dû au ruissellement est majoré du débit d'écoulement retardé pour estimer le débit de pointe maximal total décennal. En zone sahéenne et pour un bassin versant les petits bassins versant relativement imperméable, la formule est la suivante :

Tableau 6: Débit de pointe décennal, méthode ORSTOM

$Q_{r10} = A * P_{10} * K_{r10} * \alpha_{10} * \frac{S}{T_{b10}}$	<p>α_{10} : coefficient de pointe décennal</p> <p>P_{10} : précipitation décennale journalière, en mm</p> <p>S : superficie du bassin versant en km²</p> <p>T_{b10} : temps de base en min</p> <p>K_{r10} : coefficient de ruissellement</p> <p>A : coefficient d'abattement</p> <p>Q_{r10} : débit de pointe décennal en m³/s</p>
$Q_{10} = 1,05 * Q_{r10}$	Q_{10} : débit de pointe décennal en m ³ /s

VI.2.7.2.2- Méthode CIEH

En 1983, Puech et Chabi-Gonni ont proposé une méthode statistique, connue depuis sous le nom de méthode CIEH et basée sur 162 bassins versants dont l'origine vient essentiellement du recueil de Oubreuil (1972) sur les bassins expérimentaux. La formulation retenue pour retrouver l'expression du débit de pointe Q10 est basée sur un schéma de régression multiple et se présente sous la forme

Tableau 7: Débit de crue décennal, méthode CIEH

$Q_{10} = a.S^S.P_{an}^P.I_g^i.K_{r10}^k.D_d^d$	Q_{10} : débit de crue décennal en m ³ /s S : superficie du bassin versant en km ² I_g : Indice globale de pente en m/km P_{an} : Pluie annuelle moyenne en mm D_d : densité de drainage en km ⁻¹ A : coefficient d'abattement a, s, p, i, k, d : coefficients
---	---

VI.2.7.2.3- Crue du projet.

La crue du projet est la crue contre laquelle l'on choisit de protéger les ouvrages projetés sur le site (Compaoré M.L. 1996). Il s'agit donc de la crue qui servira de base au dimensionnement de tous les ouvrages hydrauliques. La plupart des études concernant le passage de la crue décennale à la crue du projet propose une relation linéaire. Cette relation dite méthode du Gradex permet de maximiser la sécurité de l'ouvrage. Elle s'exprime ainsi :

Tableau 8: Débit de crue du projet

$Q_{100} = C * Q_{10}$ $C = 1 + \frac{P_{100}-P_{10}}{P_{10}} \times \frac{(T_{b10}/24)^{0.12}}{Kr_{10}}$	$\frac{P_{100}-P_{10}}{P_{10}} = 0.52$ T_{b10} =Temps de base Kr_{10} = coefficient de ruissellement C =coefficient de majoration
---	--

❖ Détermination des périodes de retours

Nous devons définir les périodes de retours pour le calcul du nos évacuateurs de crues.

Soit Q : le débit du déversoir

Et X_1 : le débit de pointe pendant une crue donnée

La condition de défaillance serait : $X_1 \geq Q$

La probabilité année de défaillance annuelle est : $\alpha = 0,01$

Calculons la probabilité pour que le déversoir n'arrive pas à évacuer le débit de pointe :

T : période de retour

La fréquence de retour $F = 1 - \frac{1}{T}$

Le risque probable accepté $R = 25\%$

La probabilité de non défaillance F_{nd} sur n années

$$F_{nd}^N = \left(1 - \frac{1}{T}\right)^N$$

La probabilité de défaillance inversement :

$$1 - F_{nd}^N = \left(1 - \frac{1}{T}\right)^N \leq R$$

$$T \geq \frac{1}{1 - (1 - R)^{\frac{1}{N}}}$$

La durée de vie de l'ouvrage $N = 30 \text{ ans}$

VI.2.7.2.4- Hydrogramme de crue.

L'hydrogramme de crue est un graphique sur lequel on peut lire la variation du débit en fonction du temps pendant une crue.

VI.2.8- Études des apports et pertes

VI.2.8.1- Évaluation des apports en eau.

Les volumes des apports liquides annuels du bassin-versant au droit du barrage sont estimés de la manière suivante :

Tableau 9: Volume des apports liquides annuels du Bassin-versant au droit du barrage

$V = Ke \times S \times P$	P : Pluviométrie annuelle(mm) S : Superficie du bassin versant (Km ²) Ke : Coefficient d'écoulement.
----------------------------	--

VI.2.8.2- Évaluation des besoins en eaux.

VI.2.8.2.1- Évaluation des besoins en eau des cultures

Après le choix de la spéculiation, les besoins bruts (Bb) des plantes ont été estimés à partir des paramètres suivants :

- ✚ Évapotranspiration de référence (ET0) ;
- ✚ Efficience du système d'irrigation (E) ;
- ✚ Coefficient cultural des plantes (Kc) ;
- ✚ Besoins nets (Bn) ;
- ✚ Surface totale à irriguer (S) qui a été grâce à a simulation de la retenue.

Les besoins nets ont été estimés à partir de la pluie efficace (Pe), du coefficient cultural et de l'évapotranspiration de référence. Le logiciel CROPWAT 8.0 de la FAO a été utilisé pour la détermination des coefficients culturaux.

Ces formules se présentent comme suit :

- ❖ $Pe \text{ (mm)} = 0,8 * P$ si $P \geq 20 \text{ mm}$ et $Pe \text{ (mm)} = P$ si $P < 20 \text{ mm}$ avec $P =$ pluviométrie moyenne mensuelles.
- ❖ $Bn = Kc * ET0 - Pe$ et $Bb = Bn / E$.

VI.2.8.2.2- Évaluation des besoins en eau domestiques et pastoraux

Les besoins en eau pastoraux ont été estimés à partir du nombre de bétail à desservir et de la consommation qui est de 40 litres/jour/UBT. La population d'UBT a été actualisée à l'aide de la formule suivante :

$P_n = P_0 (1 + T_x)^n$; Avec : $P_n =$ population à l'échéance du projet, $P_0 =$ population initiale, $n =$ nombre d'année, $T_x =$ taux d'accroissement.

VI.2.8.3- Pertes dû aux dépôts solides.

Les eaux de ruissellement transportent des matériaux solides d'origine diverses tout au long de leurs chemins. Ces matériaux se déposent dès que la vitesse de l'eau devient inférieure à un seuil donné et la conséquence directe est l'envasement de la retenue. Les apports solides sont déterminés par les formules de GOTTSCALK et de GRESILLON (GRESILLON J.M. 1976).

Tableau 10: Formule de EIER - CIEH (GRESILLON)

$D = 700 * \left(\frac{P}{500}\right)^{-2.2} * S^{-0.1}$	<p><i>D</i> : dégradation spécifique annuelle (m³/km²/an) <i>S</i> : superficie du bassin versant (km²) <i>V</i> : volume annuel de dépôts solides (m³/an) <i>P</i> : pluviométrie moyenne annuelle(mm)</p>
--	--

VI.2.8.4- Évaluation des pertes par infiltration et par évaporation de la cuvette.

Plusieurs méthodes de calcul permettent d’approcher les valeurs de l’évaporation que subit un plan d’eau libre. Dans notre cas nous retenons la méthode de BERNARD POUYAUD basée sur des travaux de recherche sur le lac Bam de Kongoussi.

Tableau 11: Formule de BERNARD POUYAUD

$E_{ret}=1,664*(E_{BacA})^{0,602}$	<p><i>E_{ret}</i> : l’évaporation de la retenue ; <i>E_{Bac}</i>: l’évaporation du bac classe A.</p>
------------------------------------	---

L’infiltration moyenne au Burkina Faso est comprise entre 1et 5 mm (GUEYE, 2012). Nous retenons la valeur de 2.5 mm/j.

VI.2.9- Conception et dimensionnement du barrage

VI.2.9.1- Choix du type du barrage et d’évacuateur de crues.

❖ Type de barrage.

La topographie d’un site, la disponibilité du matériau, le critère hydraulique et l’enveloppe financière sont trois éléments clés qui influencent fortement sur le choix du type de barrage.

❖ Type d’évacuateur.

La méthodologie adoptée pour le choix du déversoir a consisté à prendre en compte la vocation de la digue, la disponibilité du matériau, les études géotechniques, la facilité de mise en œuvre et d’entretien ainsi que l’enveloppe financière.

VI.2.10-Présentation générale du barrage et conception des ouvrages.

Le futur barrage de DAWANEGOMDE sera composé des principaux ouvrages suivants :

VI.2.10.1- Une tranchée d'ancrage et d'étanchéité.

Au contact d'un ouvrage rigide, les infiltrations sous l'ouvrage sont prédictibles à sa pérennité. C'est pourquoi on cherche à allonger les circulations de l'eau en adjoignant des parafouilles. Les parafouilles sont dimensionnées en utilisant la règle de LANE.

Tableau 12: Règle de Lane

$\sum L_V + \frac{1}{3} L_H = C H$	Lv : Longueur des cheminements verticaux (m) Lh : Longueur des cheminements horizontaux (m) H : hauteur d'eau en amont du déversoir (m) C : Coefficient qui dépend de la nature du terrain
------------------------------------	---

VI.2.10.2- Une digue

Une fois que le choix du type de la digue a été faite, nous possédons à la conception de l'ouvrage suivant cette méthodologie :

- ❖ Calage de la côte crête.

Le volume d'eau à retenir dans la cuvette du barrage, les contraintes topographiques et l'enveloppe financière disponible ont été les facteurs très déterminants pour le choix du calage de la cote crête de la digue de notre barrage.

- ❖ Hauteur maximale de la digue.

Cette hauteur peut être calculée de par la formule suivante :

Tableau 13: Formule de la hauteur maximale de la digue

$H_d = h_r + h + R$	Hd = hauteur totale de la digue (m) hr = hauteur du plan d'eau normal (m) h = la lame d'eau au-dessus du déversoir (m) R = revanche (m)
---------------------	--

C'est aussi la différence entre la coté la plus basse de l'exutoire et la coté crête de la digue.

Tableau 14: Autre formule de la hauteur maximale de la digue

Côte digue	Côte TN	Hd Hauteur max de la digue (m)
$Z_{TNcrête}$	$Z_{TNexutoire}$	$Z_{TNcrête} - Z_{TNexutoire}$

❖ Largeur en crête de la digue (l_c).

Cette largeur doit être suffisante pour permettre la circulation des engins lors de des travaux de finitions et aussi pour l'entretien de l'ouvrage dans un avenir futur.

Les formules suivantes permettent de calculer la largeur en crête (l_c) de la digue :

Tableau 15: Formules de la largeur en crête.

formule 1 (KNAPPEN)	$l_c = 1.65 * \sqrt{H_d}$
formule 2 (ML COMPAORE, 204)	$l_c = 3.6 * \sqrt[3]{H_d}$
formule 3 (PREECE)	$l_c = 1.1 * \sqrt{H_d} + 1$

Avec H_d : hauteur maximale de la digue (m)

❖ Longueur totale du barrage.

Elle correspond à la longueur totale du barrage (digue et déversoir). Cette longueur doit être telle que ses extrémités raccordent la courbe de niveau correspondant à la cote crête.

❖ Pentés des talus de la digue.

Afin de maintenir la stabilité de l'ouvrage, les pentes seront choisies dans un abaque qui tient compte des caractéristiques géotechniques des matériaux de construction et de la hauteur de la digue. (Source : Technique des petits barrages en Afrique sahélienne et équatoriale. Page 163).

❖ Largeur de la fondation L_f .

Elle a été calcul par la formule suivante :

Tableau 16: Formule de la longueur de la fondation

$L_f = l_c + \frac{H_d}{\tan\alpha_1} + \frac{H_d}{\tan\alpha_2}$	L_f (m) : Largeur de la fondation l_c (m) : Largeur en crête H_d (m) : Hauteur de la digue α : Angle de talus.
---	--

❖ Protections de la crête.

La crête est protégée suivant les normes de protection afin de limiter l'infiltration de l'eau dans le corps de la digue et prévenir l'érosion.

❖ Protection du talus amont et du talus aval.

Alors que le talus amont doit être protégé contre le battillage, le talus aval quant à lui est protégé contre l'action érosive des eaux de ruissellement, celle des animaux et du vent. Il existe plusieurs

techniques de protection, cependant le choix de la méthode est fonction de la disponibilité du matériau, de la hauteur de la digue et aussi de la main d'œuvre locale.

VI.2.11- Infiltration dans le corps de la digue et de la fondation.

Malgré les efforts du compactage, la perméabilité dans un barrage en terre existe toujours. En effet, l'eau ne manque jamais de se frayer un chemin. Certes, les pertes d'eau par infiltration sont minimes mais elles sont capables de remettre en cause la stabilité de tout l'ouvrage avec des conséquences énormes. D'où l'importance d'étudier et de prévenir les infiltrations. Ainsi pour déterminer ces infiltrations, il est impératif d'évaluer les éléments suivants :

- ❖ La ligne de saturation ou phréatique ;
- ❖ Le débit de fuite de l'eau par infiltration ;
- ❖ L'épaisseur du drain.

VI.2.10.1- La ligne de saturation : Détermination de l'équation de la ligne de saturation

La ligne de saturation peut être déterminée par plusieurs méthodes différentes mais la méthode la plus adaptée pour les petits barrages est celle de KOSENY qui donne des résultats approchés. Dans le cas d'une digue homogène drainée, reposant sur une assise imperméable, KOSENY a montré que la ligne de saturation (ligne phréatique) est une parabole d'axe horizontal, dont le foyer est l'extrémité amont du drain, auquel se raccorde la ligne phréatique.

Tableau 17: Équation de la ligne phréatique de KOSENY

$y^2 + y_0^2 - 2xy_0 = 0$ <p style="text-align: center;">Avec</p> $y_0 = [h_r^2 + d^2]^{1/2} - d$	<p>h_r = charge d'eau à la côte PEN (m)</p> <p>d = largeur en base du barrage diminuée de $(0,7b + \text{longueur du drain})$;</p> <p>b = projection horizontale de la partie mouillée du parement amont</p>
---	---

Les paramètres d , h et y_0 sont représentés sur la figure (voir annexe IV).

VI.2.11.2- Évaluation du débit de fuite

VI.2.11.2.1- Méthode 1 : Loi de DARCY

L'application la loi de DARCY, permet d'évaluer approximativement le débit de fuite à travers le corps du barrage. Pour un mètre linéaire du barrage, la loi de DARCY s'écrit comme suit :

Équation 1: Équation de Darcy

$q = K_r * S * i = K_r * S * \frac{h_r}{L_1}$	<p>q : débit par mètre linéaire du barrage ($m^3/s/ml$)</p> <p>S : surface unitaire mouillée du parement amont du barrage</p> <p>K_r : coefficient de perméabilité du remblai (m/s)</p> <p>h_r : la hauteur d'eau dans la retenue (m);</p> <p>L_1 : longueur moyenne des lignes de courant</p>
---	---

VI.2.11.2.2- Méthode 2 : Parabole de KOZENY.

Tout comme y_0 , la formule permettant de calculer du débit de fuite varie en fonction de l'angle α :

Tableau 18: Débit de fuite en fonction de l'angle

<ul style="list-style-type: none"> ▪ si $\alpha > 30^\circ$ alors $q = K_r * y_0$ ▪ si $\alpha < 30^\circ$ alors $q = K_r * y_1 * \sin^2 \alpha$ 	<p>K_r: perméabilité du remblai (m/s)</p> <p>q : débit par mètre linéaire, q ($m^3/s/ml$)</p> <p>y_i: ordonnée de l'intersection de la parabole de avec l'axe des ordonnées</p>
--	---

VI.2.11.3- Épaisseur du filtre.

Le filtre de perméabilité K_f possède une épaisseur e (m) qui se détermine en fonction du débit de fuite :

Tableau 19: formule de l'épaisseur de drain

$e = 2 * \sqrt{\frac{ql}{K_f}} \quad \text{Avec} \quad l = l_d - l_r$	<p>q : débit d'infiltration ($m^3/s/ml$)</p> <p>l_d : Longueur du drain-tapis (m)</p> <p>l_r : résurgence (m)</p>
---	---

VI.2.12- ETUDE DE L'EVACUATEUR DE CRUES

VI.2.12.1- Situation géographique de l'évacuateur et laminage de crue.

L'emplacement de l'évacuateur de crues dépend des conditions topographiques et de l'emplacement des zones à aménager.

Le laminage permet de déterminer le débit évacué par le déversoir Q_{max} à partir du débit de crue entrant Q_{cmax} . Ensuite il permet de calculer la longueur L du déversoir et la lame d'eau déversant h . Ainsi résoudre le problème de laminage revient à résoudre l'équation suivante :

$$S(z).dz = Q_c(t).dt - Q_e(t).dt \quad \text{ou } S(z) \text{ représente la surface du plan d'eau.}$$

Plusieurs méthodes permettent de résoudre cette équation, parmi lesquelles la méthode du coefficient X_0 ou méthode E.L.E.R. – C.I.E.H qui celle la mieux adapté pour les petits barrages en Afrique sahélienne et équatoriale.

Ainsi la résolution de l'équation de laminage permettra de déterminer Q_{max} en fonction de Q_{cmax} . Le calcul de la longueur du déversoir L se fera itération en s'appuyant sur le système suivant :

Tableau 20: Formule de l'équation de laminage de crue

$\left\{ \begin{array}{l} \beta = \frac{Q_{max}}{Q_{cmax}} \\ Q_{emax} = mLh\sqrt{2gh} \end{array} \right. \quad (1) \quad (2)$	<p>L_i : Longueur du déversoir.</p> <p>Q_{cmax} : est la crue du projet Q_{projet} (m^3/s)</p> <p>g : accélération de la pesanteur (m/s^2)</p> <p>h : charge ou hauteur d'eau sur le seuil du déversoir (m)</p> <p>m : coefficient de débit du seuil déversant</p> <p>T_m : temps de montée des eaux (s)</p> <p>S : surface du plan d'eau normal (m^2)</p>
---	---

VI.2.12.2- Calage du déversoir, détermination de la vitesse des vagues et de la revanche.

Déversoir doit être calé au plan d'eau normal afin de laisser passer la lame d'eau déversant et retenir le volume nécessaire dans la cuvette.

La vitesse de propagation des vagues qui intervient dans le calcul de la revanche a été évalué par la Formule de Gaillard

$$V = 1,5 + 2 * h$$

La revanche est la différence de cote entre les Plus Hautes Eaux (PHE) et la crête de la digue et a pour rôle de prévenir le débordement des eaux du réservoir au-dessus de la crête du barrage et leur déferlement sur la pente aval. Elle est calculée par la formule de **Mallet et Pacquant**

Tableau 21: Formule de la revanche

$R = A * \left(h + \frac{V_v^2}{2g} \right)$	<p>R ; revanches-en (m)</p> <p>h : hauteur des vagues (m),</p> <p>V : vitesse de propagation des vagues (m/s),</p> <p>g : accélération de la pesanteur (m/s^2),</p>
---	--

	A : coefficient de sécurité pris égal à 0,75
--	--

VI.2.13- Étude de stabilité.

VI.2.13.1- Étude de la stabilité du déversoir poids en béton.

La stabilité de ce type d'ouvrage est assurée par son poids. Ainsi l'étude de stabilité va consister à vérifier que l'ouvrage ne glissera pas sur sa fondation et ne se renversera pas. Nous vérifierons aussi la stabilité interne de l'ouvrage ainsi que sa stabilité au poinçonnement. De ce fait, la géométrie de l'ouvrage a été décomposé en éléments simples (rectangles, triangles).

VI.2.13.1.2- Calcul des forces agissant sur l'ouvrage

Les forces qui s'exercent sur l'ouvrage, en considérant h comme la lame d'eau déversant au PHE et H comme la hauteur d'eau au PEN.

Tableau 22: forces agissantes sur l'ouvrage

N°	Forces, moments et unités	EXPRESSIONS
1	Les poids volumiques élémentaires (kN/m ³)	$W_i = \gamma_i \times S_i$
2	Poussée hydrostatique à l'amont (kN/m ³)	$P_{hydro} = \frac{1}{2} \gamma_w H(H + 2h)$
3	Sous pressions (kpa)	$\lambda = 2 / 3$, soit $U_A = \gamma_w \left[h + \frac{2}{3} \times (H - h) \right]$
4	La poussée des sédiments (kN/m ³)	$P_{sédiment} = \frac{1}{2} \gamma . ht^2 \tan^2 \left(\frac{\Pi}{4} - \frac{\Phi}{2} \right) kN / ml$
5	Le moment d'une force F (kN.m)	$M = F . d$

VI.2.13.1.3- La stabilité du déversoir

Le calcul de la stabilité du déversoir est consigné en annexe

Tableau 23: Le calcul de la stabilité

N°	Calcul de stabilités	Expression	Condition de verification

1	<p>Stabilité au glissement en prenant Cs F_G : Coefficient de sécurité de la stabilité au glissement</p>	$F_G = \frac{(Cs + \sum(W - u)) * \tan\phi}{\sum(P)}$ <p>Cs : Cohésion du sol $\sum(W - u)$: Forces stabilisant $\sum(P)$: Forces renversant $\tan\phi$: frottement béton roche tendre</p>	$F_G \geq 1$
2	<p>Stabilité au renversement. F_R : coefficient de sécurité de renversement</p>	$F_R = \left \frac{M_s}{M_r} \right $ <p>M_s : Moment stabilisant M_r : Moment renversant</p>	$F_R > 1,5.$
3	<p>Stabilité interne : tiers centrale. e : excentricité</p>	$e = Y_{G_{OUV}} \left(\frac{\sum(P)}{\sum(W-u)} \right) - \left(\frac{B}{2} - X_{G_{OUV}} \right)$ <p>X_{G_{OUV}}; Y_{G_{OUV}} : Coordonnées centre de gravité B : Base d deversoir</p>	$-\frac{B}{6} \leq e \leq \frac{B}{6}$
4	<p>Stabilité au poinçonnement. σ_{ref} : Contrainte de référence. q_{adm} : pression admissible du sol.</p>	$\sigma_{ref} = \frac{N}{B} \left(1 + \frac{6e}{B} \right)$ $q_{adm} = \frac{1}{2} \gamma * B * N_\gamma + C * N_c + \gamma * D * N_q$ <p>γ : Poids volumique du sol D : Profondeur d'ancrage N_γ; N_q; N_c : facteurs de capacité portante</p>	$\sigma_{ref} < q_{adm}$

VI.2.13.1.4- La stabilité du mur bajoyer

Le mur bajoyer sera dimensionné par le logiciel CYPE qui vérifiera simultanément sa stabilité.

VI.2.13.1.5- Vérification de la stabilité des pentes des talus de la digue.

La définition du coefficient de sécurité des talus à l'égard de la rupture demeure une des questions les plus controversées de la mécanique des sols. Plusieurs approches ont été proposées sans pour autant qu'il ne soit possible de trouver une synthèse pleinement satisfaisante. Le débat reste donc ouvert ! source : **M.L. COMPAORE**, page 257 (E.I.E.R, COURS DE BARRAGE, 2e EDITION, Novembre 1996).

Cependant plusieurs méthodes ont été développées pour l'étude de stabilité d'une digue en terre homogène, les méthodes de FELLENIUS et de BISHOP.

Cette dernière méthode sera retenue dans notre cas pour l'étude de stabilité des pentes.

Les calculs seront à l'aide du logiciel Geo-slope. En réalité elle permet juste de vérifier si les pentes sont stables.

VI.2.14-Bassin de dissipation

Au pied du déversoir en position centrale, les eaux y arrivent avec une énergie cinétique importante, qu'il faut dissiper afin de protéger l'ouvrage. À l'aval, le déversoir se prolongera par un bassin de dissipation dont la longueur est égale à celle du déversoir.

VI.2.14.1- Détermination de y_n , tirant d'eau dans le chenal ainsi du tirant d'eau y_1 et de la vitesse V_1 à l'entrée du bassin

Le tirant d'eau normal est déterminé par itération à l'aval du bassin de dissipation. À partir de la formule de Manning Strickler (**voir annexe IV ; pageXC**). La résolution d'un système d'équations issues de la relation de BERNOULLI permet de déterminer y_1 et V_1 . Soit le système suivant :

Équation 2: système d'équation de la vitesse et du tirant d'eau

$\begin{cases} V_1 = \sqrt{2g[0.9(H + h') - y_1]} \\ y_1 = \frac{q}{V_1} \end{cases}$	h'(m): Charge de l'eau au-dessus du déversoir.
	H ₀ (m): Hauteur au PEN
	H(m): Hauteur aval du déversoir
	g (m/s ²): Accélération de la pesanteur
	q débit spécifique (m ³ /s)

La détermination du nombre de Froude F, le calcul du tirant d'eau amont y_2 à la sortie du bassin et de la largeur L_{bassin} du bassin de dissipation nécessite l'usage des abaques et calcul complémentaire (**Voir annexe VI ; page CV**).

Équation 3: Calcul du tirant d'eau et du nombre de Froude.

$y_2 = \frac{y_1}{2} (\sqrt{1 + 8F^2} - 1)$ $L_{bassin} = 2.8y_2$ $F = \frac{V_1}{\sqrt{gy_1}}$	y_n (m): tirant d'eau normal
	y_1 (m): tirant d'eau à l'entrée du bassin
	V_1 (m/s): Vitesse à l'entrée du bassin
	y_2 (m): tirant d'eau à la sortie du bassin
	D(m): profondeur du bassin
	L_{bassin} (m): largeur du bassin

Les caractéristiques géométriques des blocs de chute et des blocs chicanes dépendent de la valeur du nombre de Froude et de la vitesse à l'entrée du bassin. Une fois ces deux paramètres connus, la lecture sur les abaques nous permet d'obtenir les caractéristiques géométriques recherchées.

VI.2.14.2- Chenal d'évacuation et diguette de protection.

Le chenal de restitution situé immédiatement à la sortie du bassin de dissipation permet de restituer les eaux de déversement directement dans le lit du cours d'eau à l'aval. La formule de Manning Strickler (voir annexe IV) est celle que nous utiliserons pour le calcul du tirant d'eau normal à l'aval du bassin de dissipation. Afin de drainer les eaux de déversement vers le talweg et empêcher l'érosion du pied de la digue, deux diguettes de protection seront construites (une de chaque côté du déversoir).

VI.2.15- Ouvrages de prise, de vidange et échelle limnimétrique.

VI.2.15.1- Ouvrage de prise et de vidange.

La satisfaction des besoins liés à l'irrigation nécessite la mise en place d'une prise d'eau. Le choix du type d'ouvrage de prise (qui fera office de vidange) a été fait en fonction des contraintes budgétaires et de la charge d'eau disponible. Son diamètre a été déterminé par itération en utilisant le débit maximal de pointe et la formule de Torricelli. L'ouvrage de vidange a pour fonction première, de faciliter la vidange totale ou partielle en cas de danger.

VI.2.15.2- Echelle limnimétrique.

Une échelle limnométrique sera placée dans la retenue pour le suivi des variations du niveau d'eau. Car elle permet d'améliorer la gestion de la retenue par une connaissance continue des volumes d'eaux disponibles. Elle sera placée de telle manière que le zéro de l'échelle coïncide avec l'altitude du point le plus bas de l'ouvrage.

IV. RESULTATS ET DISCUSSION

V.1-Approche participative et reconnaissance du terrain

V.1.1- Occupation actuelle du bas-fond

Les activités suivantes sont menées sur le site : petite chasse, agriculture, prélèvement de bois de cuisine par les femmes, pâture d'animaux. Pour les champs, dans le domaine agricole, des champs sont exploités aussi bien sur le site de barrage que sur celui destiné à recevoir l'aménagement. Ces champs ont été répertoriés avec l'appui des accompagnants villageois sur le site. **(Voir annexe I ; page VI)** pour plus de détail sur l'occupation des terres). Les exploitants qui utilisent les terres situées dans la cuvette du futur barrage sont tous originaires de DAWANEGOMDE. Ils cultivent tous soit du sorgho, du mil ou de l'arachide. Ils sont issus majoritairement de la famille TAPSOBA. La superficie occupée par les champs situés dans la cuvette est de 8,75 ha soit une moyenne de 1,09 ha par exploitation. Sur l'ensemble des huit (08) exploitants actuels de cette partie,

6 personnes sont des propriétaires de terres soit 75% tandis que deux (02) d'entre eux sont des demandeurs de terres soit 25% (Etudes sociales sur la zone du projet).

V.2- Études topographiques

L'étude topographique menée sur le site du barrage de DAWANEGOMDE a permis :

- ❖ Les plans pédologique, le profil en long de l'axe de la digue aux échelles 1/2 000ème (**voir annexe VI ; page I**) ;
- ❖ La mise en place de 06 bornes repères (**voir II ; page annexe VII**).
- ❖ Le traitement a permis de produire le plan de la cuvette avec des courbes de niveau tous les 0,25 m (**voir annexe VI ; page I**).

La superficie globale levée est de 126 ha.

V.3- Études géotechniques et pédologique

Les profondeurs de tranchée seront calculées avec un coefficient de Lane de 3 sur toute la longueur de la digue. La protection du talus aval sera fait en graveleux latéritique et celle du talus amont en moellons latéritiques reposant sur une couche de transition en graveleux latéritique. La stabilité des talus pourra être vérifiée à court terme :

- ❖ Avec un angle de 19° et une cohésion de 13,20KN/m² pour le sol de fondation de la digue ;
- ❖ Avec un angle de 15° et une cohésion de 22,73KN/m² pour le remblai la stabilité des talus pourra être vérifiée en régime permanent et vidange rapide ;
- ❖ Avec un angle de 31° et une de 12,90KN/m² pour le sol remblai.

La zone d'emprunt d'argile identifiée dans la cuvette dégage environ 79000m³ de matériau argileux convenable pour la construction d'une digue homogène (**voir annexe IV; page XCVI**). Les teneurs en eau de compactage peuvent varier entre -1 et +2 de la teneur en eau à l'OPN hors tranchée.

V.4- Étude de la retenue.

La topographie de la cuvette a été étudiée d'après le plan coté établi à l'échelle 1/2 000ème. Les données recueillis sur le plan topographique de la cuvette ont permis d'établir les courbes hauteur-volume et hauteur-surface. Compte tenu de la petite taille de notre cuvette, nous prenons un de 0.25m entre différentes cotes nécessaires à la construction de courbes. Les données ayant permis la construction des courbes sont en (**Annexe II ; page VII**)

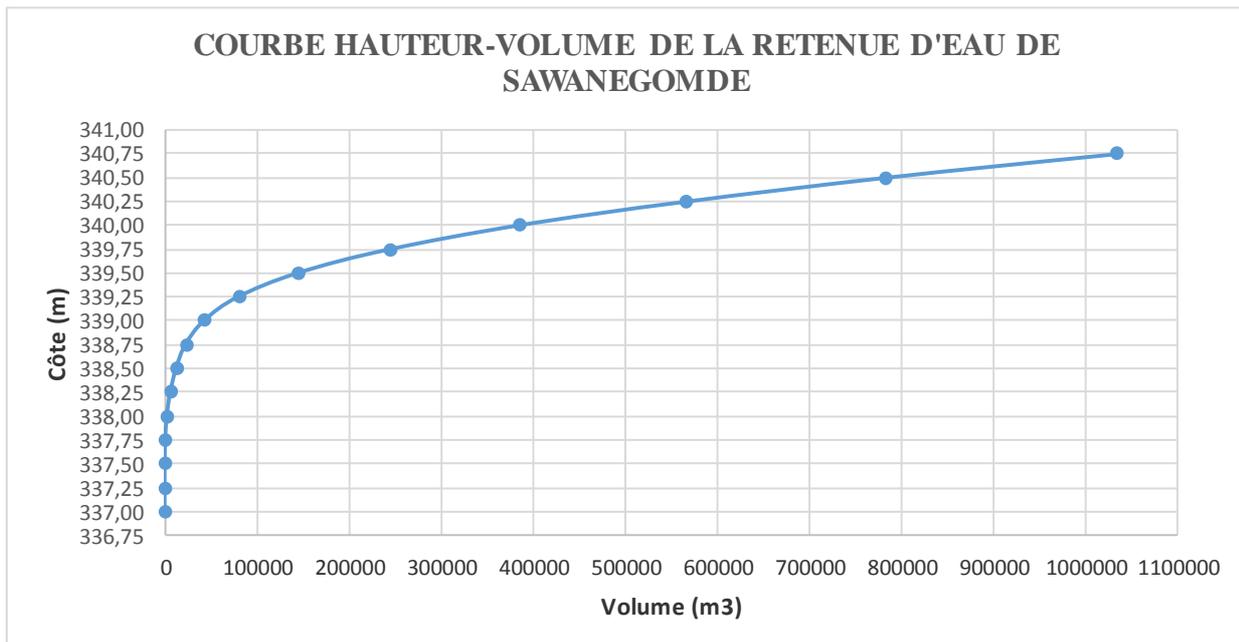


Figure 3: Courbe Hauteur-Volume de la retenue d'eau de DAWANEGOMDE

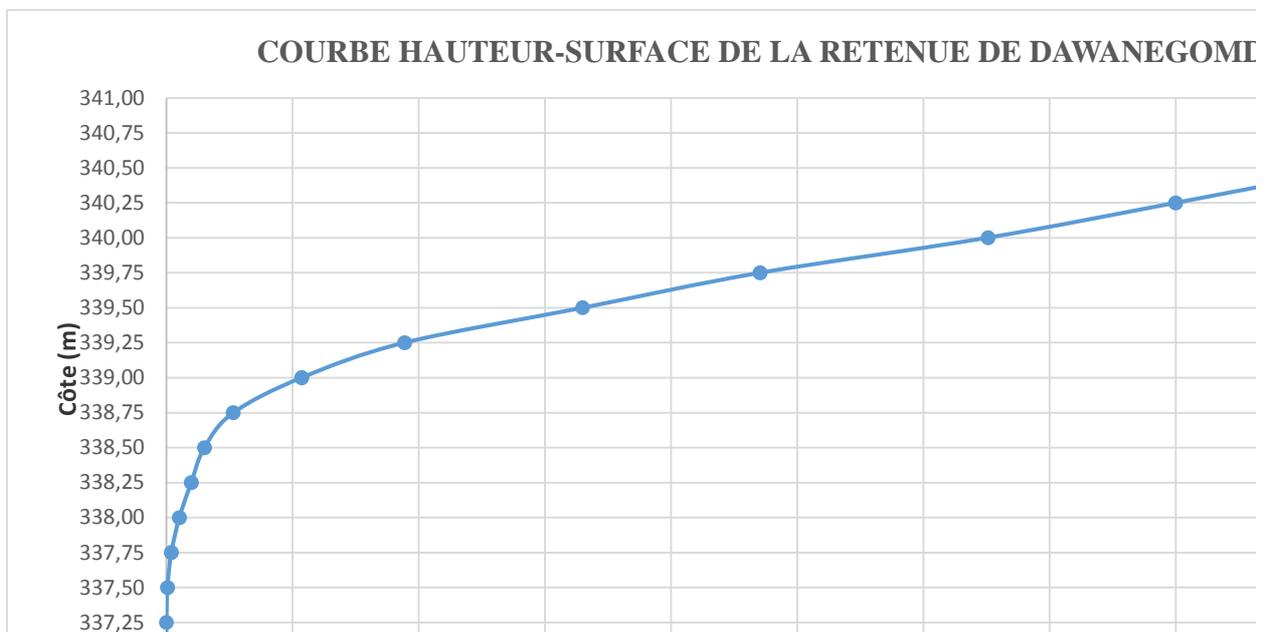


Figure 4: Courbe hauteur-Surface de la retenue de DAWANEGOMDE

V.5- Étude climatique.

Les résultats obtenus à la suite du traitement des données climatiques sont consignés dans les tableaux en annexe. Caractéristiques des données pluviométriques de la station synoptique de Ouagadougou :

Tableau 24: Données pluviométriques de la station synoptique de Ouagadougou

Années de mesure des pluies mensuelles	1952 à 2014
Nombre total d'échantillons	62
Années de mesure des pluies journalières maximales	1952 à 2014
Nombre total d'échantillons	62

Source 1: Direction Nationale de la Météorologie

Remarques : Les échantillons ont des tailles supérieures à 30 ans, durée minimale que doivent avoir les données de ce type pour les études hydrologiques. (**Annexe II ; page X**)

La synthèse de l'analyse des pluies donne les résultats suivants :

- ❖ Les pluies moyennes annuelles ajustées par la Loi de Gauss. (Voir tableau 9, tableau 10 et figure 2 en annexe II)

Paramètres de Gauss :

Tableau 25: Paramètres de Gauss

Paramètres	Résultats
\bar{x}	790
s	151
$U((1-\alpha)/2)$	1.96

Les résultats obtenus à la suite des études des pluies sont consignés dans le tableau suivant :

Analyse des séries de pluies annuelles moyennes à la station synoptique de Ouagadougou

Tableau 26: Résultats des analyses pluviométriques.

Désignation	Période de retour (années)	Résultats.
Station synoptique	-	Ouagadougou
Taille de l'échantillon	-	62
Pluie moyenne	2	790mm

*ETUDE TECHNIQUE D'AVANT-PROJET DETAILLE DU BARRAGE DE DAWANEGOMDE
PROVINCE DE KADIOGO, BURKINA FASO*

Maximun	-	1183mm
Minimum	-	518mm
Variance	-	22868mm
Ecart-type	-	151
Intervalle de confiance	-	95%
Année sèche	5	662mm
	10	596mm
	20	537mm
	100	437mm
Année humide	5	917mm
	10	983mm
	20	1038mm
	100	1141mm

Cette analyse des pluies montre une saison pluvieuse unique qui s'étalant sur une période entre quatre et cinq mois.

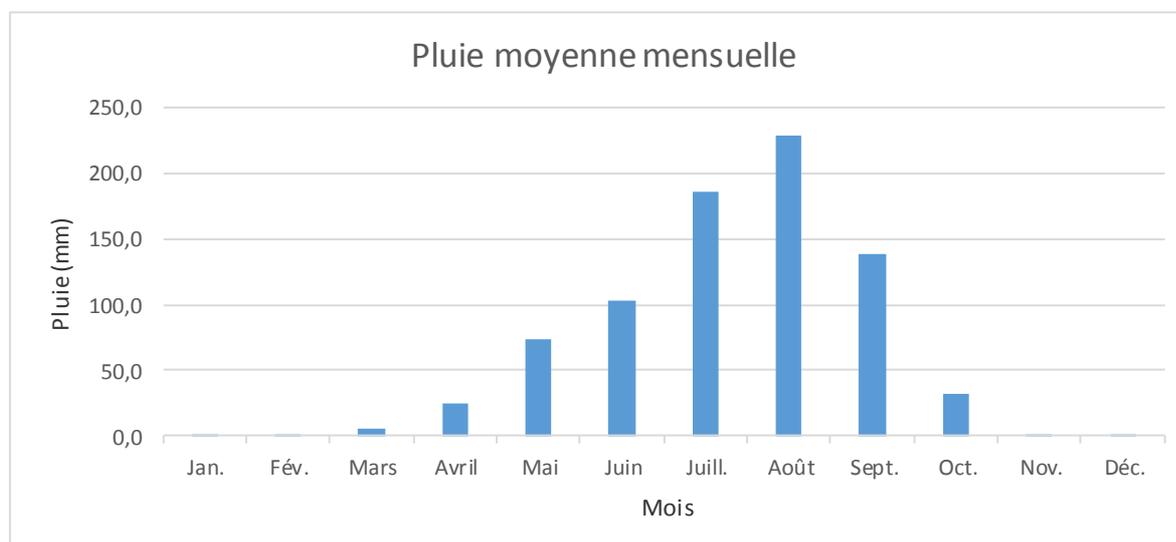


Figure 5: Diagramme des pluies moyennes mensuelles

- ❖ Les pluies maximales journalières ont été analysée par ajustement à la loi de GUMBEL. Les résultats sont consignés dans le tableau. (Voir tableau 11, tableau 12 et figure 3 en annexe II)

Paramètres de Gumbell

Tableau 27: Parametres de Gumbell

Paramètres	Résultats
$\frac{1}{a}$	24.29
x_0	54.14
$U((1-\alpha)/2)$	1.31

Tableau 28:Analyse des séries de pluies journalière maximale à la station synoptique de Ouagadougou

Désignation	Période de retour (années)	Résultats.
Station synoptique	-	Ouagadougou
Taille de l'échantillon	-	62
Pluie moyenne	2	68.17mm
Maximum	-	261.3mm
Minimum	-	36.3mm
Variance	-	969.93
Ecart-type	-	31.14
Intervalle de confiance	-	95%
Année sèche	5	42.58mm
	10	33.88mm
	20	27.10mm
	100	16.99mm
Année humide	5	90.58mm
	10	108.81mm
	20	126.30mm
	100	165.89mm

Tableau 29: synthèse des analyses des séries de pluies annuelles et maximales journalières

Pluies périodiques	Valeurs (mm)
Pluie annuelle moyenne (Pan)	790

Pluie décennale humide	983
Pluie quinquennale humide	917
Pluie quinquennale sèche	662
Pluie décennale sèche	596
Pluie journalière décennale humide (P10)	108.81
Pluie journalière centennale humide (P100)	165.89

La valeur moyenne de la pluviométrie annuelle est de l'ordre de 790 mm/an. La zone du projet est située entre les isohyètes 300 et 750 mm. Nous avons ensuite vérifié les résultats en analysant ces données à l'aide du logiciel HYFRAN. HYFRAN est un logiciel scientifique adapté pour l'analyse des données pluviométriques et hydrologiques.

V.6- Études hydrologiques.

❖ Caractérisation du bassin versant

Nous remarquons que, le bassin versant se définit comme étant la totalité de la surface topographique drainée par ce cours d'eau et ses affluents à l'amont de cette section. Il est entièrement caractérisé par son exutoire, à partir duquel nous pouvons le délimiter (**Dr. DIAL NIANG, 2013**).

La délimitation du bassin versant a été réalisé à l'aide des logiciels Google Earth, Global Mapper et Arcgis. Ainsi avec Google. Les résultats obtenus sont :

Tableau 30: caractéristiques physiques du bassin versant

Paramètre	Valeur	Unité
Superficie	18.09	Km ²
Périmètre	30.36	Km
Longueur du cours d'eau principal	6.76	Km

Le bassin versant du barrage de Dawanégomdé est présenté sur la cartesuivante :

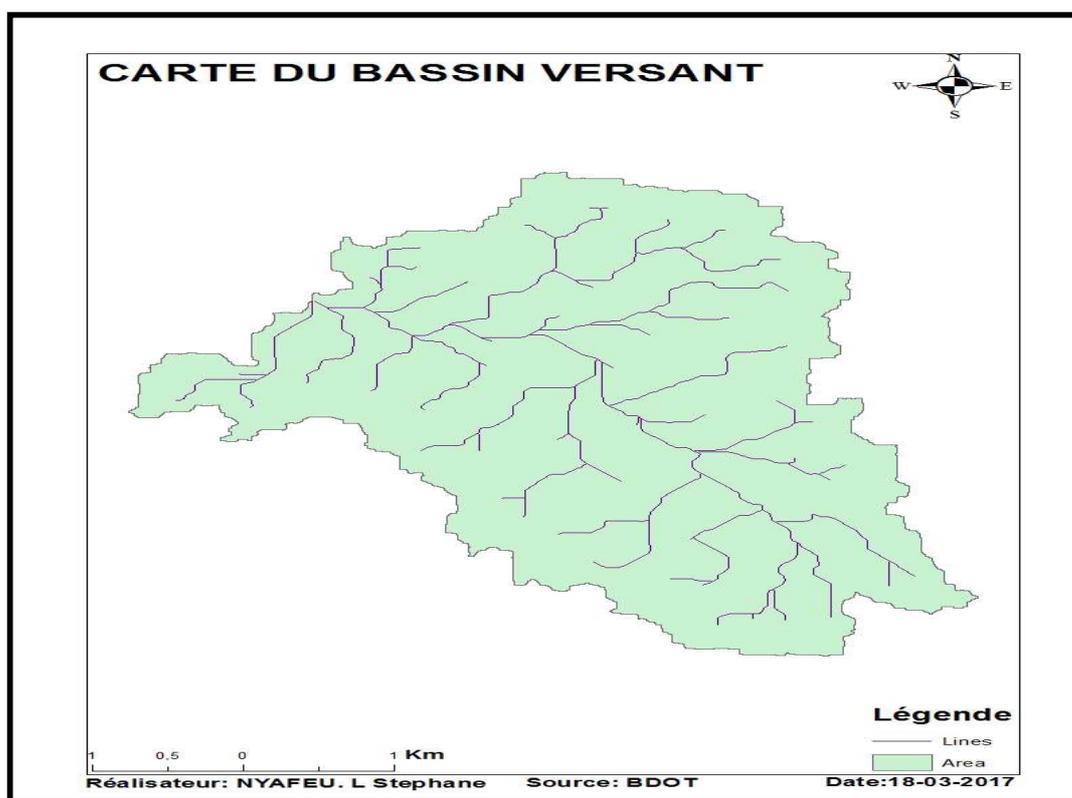


Figure 6: Carte du bassin versant du barrage de Dawanégomdé

❖ Courbe hypsométrique.

La courbe hypsométrique représente la répartition des pourcentages de la surface du bassin versant en fonction des altitudes (**Annexe III ; page XII**).

Les caractéristiques géomorphologiques du bassin-versant (**annexe III ; page X**) déterminées ci-dessus sont récapitulés dans le tableau suivant :

Tableau 31: caractéristiques géomorphologiques du bassin-versant

Paramètres	Valeurs	Unités	Symboles
Surface	18,08	Km ²	S
Périmètre	30,35	Km	P
Coefficient de forme	2.01	-	K _G
Cote à 95%	362.5	m	H95%
Cote à 5%	345	m	H%
Longueur du rectangle équivalent(Km)	13,99	Km	L
Indice global de pente	1,25	m/Km	I _g

Pente transversale	10.92	m/Km	IT
Indice global de pente corrigé	4.47	m/Km	I_{gcor}
Pluie journalière décennale	108.81	mm	P_{10}
Pluie journalière centennale	165.89	mm	P_{100}
Coefficient d'abattement	0.84	-	A
Pluie décennale moyenne	91.40	mm	P_{m10}
Densité de drainage	0.41	Km^{-1}	Dd
Densité spécifique	32.5	m/Km	Ds
Relief	Faible	-	-
Classe d'infiltration	RI	-	-
Classe de pente	R5	-	-

V.7- Études des crues.

Les études hydrologiques ont été faites à parti des pluies de la station synoptique de Ouagadougou.

Pour les calculs détaillés (voir annexe III ; page XV).

V.7.1- Paramètres nécessaires à la détermination des crues.

Ce sont les paramètres nécessaires pour la détermination des crues.

Tableau 32: paramètres de détermination de la crue.

Paramètres	Valeurs	Unités	Symboles
Pluie journalière décennale	108.81	mm	P_{10}
Pluie journalière centennale	165.89	mm	P_{100}
Coefficient d'abattement	0.84	-	A
Pluie décennale moyenne	91.40	mm	P_{m10}
Coefficient de ruissellement décennale	23.38%	-	K_{r10}
Temps de base	447.05	mm	T_{b10}
Temps de monté	111.14	mm	T_{m10}
Débit pointe décennale ruisselé	37.41	m^3/s	Q_{r10}

V.7.2- Détermination des crues.

Les méthodes ORSTOM et CIEH donnent les valeurs bien de débit centennal bien différente.

Cependant ? dans le souci de garantir la sécurité de l'ouvrage, nous retenons la plus élevée pour le calcul du débit de crue du projet. Ainsi le tableau suivant présente cette valeur.

Tableau 33: Calcul de crue centennale

Méthode	ORSTOM	CIEH	GRADEX		
Débit (m ³ /s)	Q10	Q10	Q10 Rétenu	C	Q100
	39.29	23.95	39.29	2.67	105.01

❖ Période de retour

La période de retour est de 100 an ce qui nous a permis de calculer le débit de projet a une période de Q₁₀₀ avec un risque probable de 25%.

La valeur

$$\frac{H^2}{\sqrt{V}} = 0,08 \text{ Donc le débit projet a une période de retour de 100 ans.}$$

V.7.3- Hydrogramme de crue.

L'hydrogramme de crue est un graphique sur lequel on peut lire la variation du débit en fonction du temps pendant une crue (voir calcul détaillé et figure en annexe III.2)

- ❖ Calcul du débit de discontinuité (Qd) : C'est le débit à partir duquel la pente de la décrue change. La formule suivante permet de calculer Qd = 56,81m³/h.

V.8- Études des apports et pertes.

La figure sur suivante illustre la nature et le mouvement des apports et pertes dans la retenue.

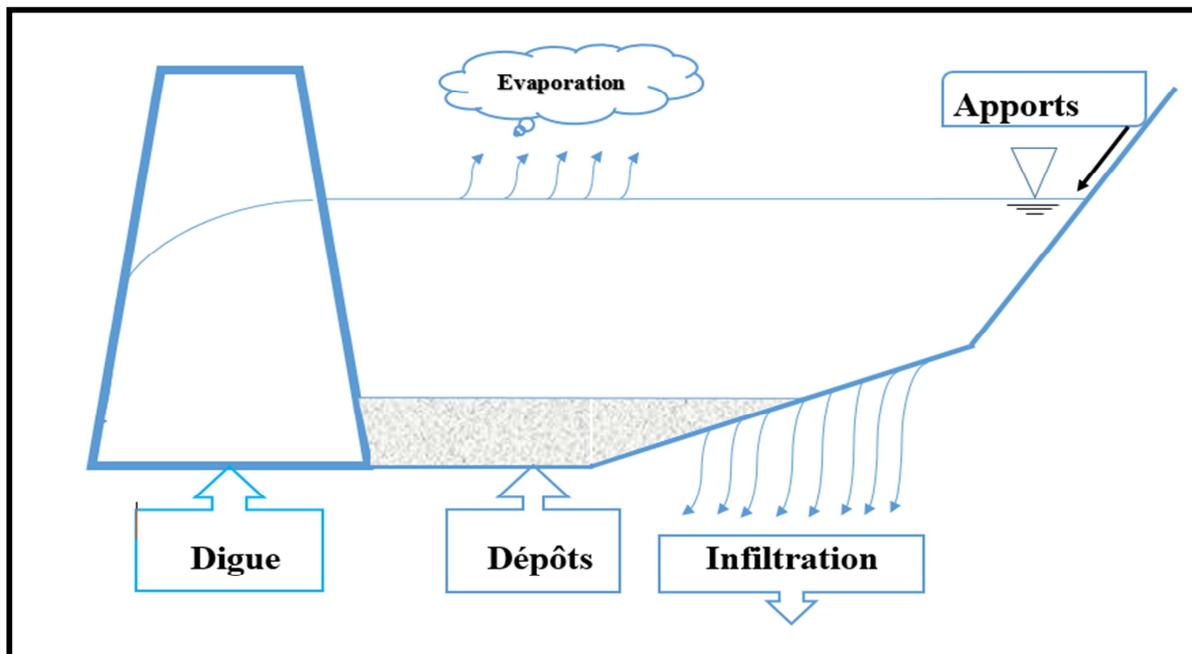


Figure 7: illustration de la nature et le mouvement des apports et pertes dans la retenue

V.8.1- Évaluation des apports en eau ou liquide.

On entend par apports liquides, la quantité d'eau susceptible d'arriver à l'exutoire du barrage pendant une période considérée. Le résultat du calcul des apports sont consignés dans le tableau suivant. Pour les détails liés aux calculs (**annexe III ; page XLVIII**)

Tableau 34: Apports dans la retenue.

No	Apports liquides	Ke	Pluie (mm)	Volume(m ³)
1	Année moyenne	13,5%	0,79	1928 232
2	Année quinquennale sèche	9,64%	0,6	1376900,48
3	Année décennale sèche	6,89%	0,66	984112,48

V.8.2- Évaluation des besoins en eaux.

Hypothèses :

Besoins pastoraux :

- ✚ Gros bétail 1548 pour une consommation de 40 l/jr/hab
- ✚ Petits ruminants 4645 pour une consommation de 10 l/jr/hab

Besoins agricoles :

- ✚ Oignons sur 4.4ha

✚ Efficience 0.6 (pour irrigation gravitaire)

Besoins humains :

✚ Durée du projet : 20ans.

✚ Population : 10635 à l'horizon du projet pour une consommation de 40 l/jr/hab

Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau suivant :

Tableau 35: Besoins en eaux

Paramètres	Unités	Résultats
Besoins domestiques	m ³ /mois	13098
Besoins pastoraux	m ³ /mois	3251,26
Besoins agricoles moyens	m ³ /ha/mois	2585,31

V.8.3- Pertes dû aux dépôts solide

Les eaux de ruissellement transportent des matériaux solides d'origine diverses tout au long de leurs chemins. Ces matériaux se déposent dès que la vitesse de l'eau devient inférieure à un seuil donné. voir détail de calcul en (annexe III ; page LXXVIII).

Formule	GOTTSCHALK	EIER – CIEH (GRESILLON)	Valeur moyenne
D(m3/an/Km2)	194,65	191,57	193,11
D(m3/an)	3519,26	3463,63	3491,45

V.8.4- Évaluation des pertes par infiltration et par évaporation de la cuvette.

Les résultats obtenus donnent une perte totale en hauteur de 2179.48mm pour l'évaporation et de 910mm pour l'infiltration. Les calculs détaillés en (annexe III.4).

V.9- Conception et dimensionnement du barrage

V.9.1- Choix du type du barrage et d'évacuateur de crues.

❖ Type de barrage.

La topographie et la disponibilité du matériau de qualité et d'une grande quantité non loin (365m) du site nous ont orienté vers le choix d'un barrage en terre avec digue homogène en argile.

❖ Type d'évacuateur.

Après étude, nous avons retenu le déversoir poids en béton pour le barrage de DAWANEGOMDE

V.9.2- Présentation générale du barrage et conception des ouvrages.

Le futur barrage de DAWANEGOMDE sera composé des principaux ouvrages suivants :

V.9.2.1- Une tranchée d’ancrage et d’étanchéité.

La vérification des calculs des profondeurs de la tranchée d’ancrage se fait par la règle de LANE (voir annexe IV.1). L’étude géotechnique préconise un coefficient de Lane de 3m sur toute la longueur de l’axe de la digue. La tranchée d’ancrage aura une largeur à la base de 3,50 m. Les profondeurs varient de 0,50 m en rive à 3.00 au point le plus bas du profil en long. Les pentes seront de 1H/3V. Avant la mise en place de la tranchée d’ancrage, le terrain sera décapé sur toute l’emprise de la digue dans le but d’enlever toute la couche végétale. L’épaisseur indicative de ce décapage sera d’au moins 20 cm.

V.9.2.2- Une digue.

- ❖ Les résultats de la conception de la digue.

Les résultats du dimensionnement de la digue sont consignés dans le tableau suivant. Les calculs détaillés sont en annexeIV.2.

Tableau 36: résultats la conception de la digue

DÉSIGNATION	RESULTAT
Type de digue	Terre homogène
Longueur	1117,89 m
Altitude TN de la côte crête	340,75 m
Altitude TN de l’exutoire	337 m
Hauteur maximale	3,75 m
Largeur en crête	3,5 m
Largeur de la fondation	18,5 m
Pente du talus amont	1V/2H
Pente du talus aval	1V/2H
Volume du remblai de la digue	15 050 m ³
Épaisseur d’enrochement de la protection des talus amont et amont	25 cm
Largeur en gueule de la buté triangulaire des pieds amont et aval de la digue	1,5 m
Profondeur de la buté triangulaire de protection pieds amont et av ² al de la digue	0,5 m

Épaisseur de grave latéritique de la protection de la crête	20 cm
---	-------

V.9.3- Infiltration dans le corps de la digue et de la fondation.

Certes, les pertes d'eau par infiltration sont minimales mais elles sont capables de remettre en cause la stabilité de l'ouvrage avec des conséquences énormes. Ainsi pour déterminer ces infiltrations, il est impératif d'évaluer les éléments suivants :

- ❖ La ligne de saturation ou phréatique :

La méthode utilisée généralement pour les petits barrages est celle de KOZENY. Comme nous l'avons déjà dit, elle donne des résultats approchés ainsi l'équation obtenue est :

$$x = 0,23y^2 - 1,1$$

- ❖ Le débit de fuite de l'eau par infiltration :

En appliquant la loi de Darcy le débit unitaire $q = 1,27 * 10^{-9} \text{ m}^3/\text{s}/\text{ml}$ correspondant à un débit total d'infiltration de $Q = 1,64 * 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$.

- ❖ L'épaisseur du drain.

L'épaisseur est $e = 0,14 \text{ m}$ Comme la valeur de l'épaisseur est inférieure à la valeur minimale, nous adopterons l'épaisseur minimale recommandée de $0,50 \text{ m}$.

V.9.4- Localisation et volume du filtre

- ❖ Localisation du filtre
(tableau annexe IV.2).

- ❖ Volume du filtre.

Le filtre ne doit ni se dégrader, ni se colmater Son volume est : $V_f = 1247,86 \text{ m}^3$.

V.10- Étude de l'évacuateur de crues

V.10.1- Situation géographique de l'évacuateur.

L'évacuateur de crues est en position centrale, ce qui permet la restitution des eaux déversées directement dans le lit du cours d'eau en minimisant les coûts d'aménagement et d'entretien d'un chenal d'évacuation.

V.10.2- Laminage de crue, Vitesse du vent et revanche

. Pour les calculs détaillés de laminage, (voir annexe IV.3).

Tableau 37: Résultats du laminage

Paramètres	Désignation	Unité	Valeur
L	Longueur du déversoir	m	170
h	Tirant d'eau à l'entrée du bassin	m	0,5
Q_{projet}	Débit laminé	(m ³ /s)	80,86
V_V	Vitesse de propagation du vends	m/s	2,06
R	Tirant d'eau à la sortie du bassin	m	0.5

V.10.3- Capacité de la retenue, hauteur d'eau et superficie

La hauteur d'eau au droit du déversoir est donnée dans le tableau suivant :

Tableau 38: hauteur d'eau au plan d'eau normale

Côte digue (m)	Revanche (m)	Lame d'eau (m)	Côte crête déversoir (m)	Côte fond déversoir (m)	Hauteur d'eau au droit du déversoir (m)
340,75	0,50	0,50	339,75	337	2,75

La côte du déversoir, rapportée à la courbe hauteur-volume, donne un **volume d'eau de 244862 m³**.

En se référant à la courbe hauteur-surface on obtient une **surface de plan d'eau de 47 ha**.

V.11- Étude de stabilité.

V.11.1- Étude de la stabilité du déversoir poids en béton.

La stabilité de ce type d'ouvrage est assurée par son poids. De ce fait, la géométrie de l'ouvrage a été décomposé en éléments simples (rectangles, triangles) pour faciliter les calculs.

Tableau 39: Résultats du calcul de stabilité du déversoir

DÉSIGNATION	UNITÉ	VALEUR
STABILITE AU RENVERSEMENT		
Somme des moments renversants	kN.m	377,66
Somme des moments stabilisant	kN.m	5139,23
Coefficient de sécurité au renversement		13,61 > 1,5

STABILITE AU GLISSEMENT			
Résultante des forces horizontales		kN/ml	105,93
Résultante des forces verticales		kN/ml	530,70
Coefficient de sécurité au renversement			5,13 > 1
Stabilité interne			
STABILITE INTERNE			
Règle du tiers central : $e < B/6$	Excentricité	m	1,53
	B/6	m	1,67
	Vérification		1,53 < 1,68
Résistance du béton : $\sigma_{max} < 0,3f_{c28}$	σ_{max}		1
	0,3.f _{c28}		9
	Vérification		1 < 9
STABILITE AU POINÇONNEMENT			
Capacité portante du sol q_{adm}		kN/m ²	877,9
Contrainte maximale imposée σ_{max}		kN/m ²	156,78
Coefficient de sécurité au poinçonnement			5,6 > 1,5

V.11.2- La stabilité du mur bajoyer

Les bajoyers servent de jonction entre les deux rives du déversoir et le remblai du corps de la digue. Ils ont été dimensionnés comme un mur de soutènement. Les résultats détaillés du calcul de cet ouvrage sont en (annexe IV.3).

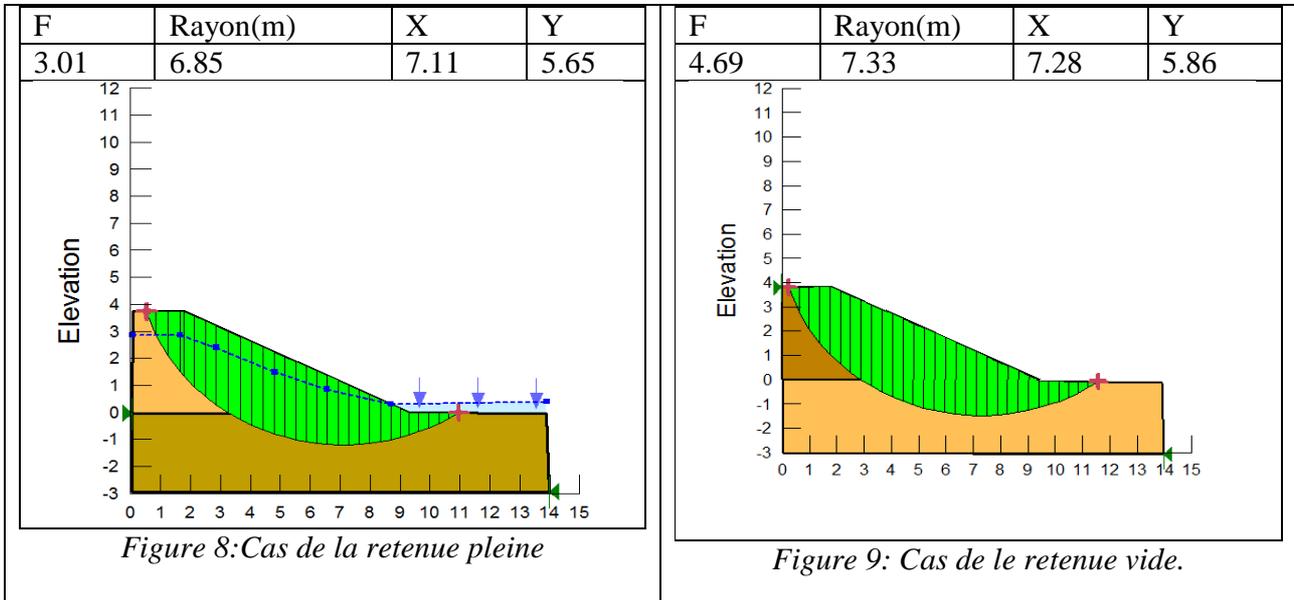
Tableau 40: Caractéristiques géométriques des bajoyers

DÉSIGNATION	UNITÉ	VALEUR
Hauteur maximale du bajoyer	m	3.75
Épaisseur crête du bajoyer	m	0,15
Épaisseur de la semelle	m	0.30
Largeur base du mur bajoyer	m	5
Longueur du mur en vue en plan	m	18.5

V.11.3- Vérification de la stabilité des pentes des talus de la digue.

- ❖ Vérification de la stabilité des pentes des talus de la digue.

La vérification de la stabilité des pentes par le logiciel Geo-slope quand la retenue est pleine et quand elle est vide donne des coefficients de sécurité supérieurs $F > 1.5$. Ceci nous permet de confirmer que les pentes du futur barrage de DAWANEGOMDE seront stables.



V.12- Bassin de dissipation

À l'aval, le déversoir se prolongera par un bassin de dissipation dont la longueur est égale à celle du déversoir. Avec un nombre de Froude supérieur à 4.5 et une vitesse de l'eau à l'entrée du bassin de dissipation inférieure à 15m/s, nous concluons que notre bassin est de **type II**

Le type de bassin étant connu, la géométrie du bassin sera facilement complétée par l'utilisation des abaques (voir annexe IV ; XCVII) relatifs aux bassins de type II. (Maurice DURAND et al., 1998).

Tableau 41: Résultat des paramètres de calcul du bassin versant

DESIGNATIONS	SYMBOLES	VALEURS
Charge	h (m)	0.5
Hauteur au PEN	H_0 (m)	2.75
Hauteur aval du déversoir	H (m)	4
Débit spécifique	q (m ³ /s)	0.66
Tirant d'eau normal	y_n (m)	0.5
Tirant d'eau à l'entrée du bassin	y_1 (m)	0.15

Vitesse à l'entrée du bassin	V_1 (m/s)	9
Nombre de Froude	F	10.57
Tirant d'eau à la sortie du bassin	y_2 (m)	2.2
Profondeur du bassin	D (m)	1.02
Largeur du bassin	L_{bassin} (m)	6.07
Hauteur des blocs de chute	h_1 (m)	0.15
Longueur des blocs de chute	L_1 (m)	0.15
Distance entre blocs de chute	d_1 (m)	0.075
Distance entre blocs de chute et mur bajoyer	d_2 (m)	0.08
Hauteur des blocs de chicane	h_2 (m)	0.36
Longueur des blocs de chicane	L'_1 (m)	0.28
Distance entre blocs de chicane	d'_1 (m)	0.28
Distance entre blocs de chicane et mur bajoyer	d'_2 (m)	0.14
Largeur en base des blocs chicane	B (m)	0.45
Largeur crête des blocs chicane	b (m)	0.08
Pente des blocs chicanes	-	1V/1H

Il est traversé par une série de barbacanes en PVC de diamètre 50 mm, à raisons de quatre par plot, pour l'évacuation des sous pressions et se termine par une bêche aval également en béton ordinaire, de 0,40 m d'épaisseur, de pente 1V/2H et de 1,00 m de profondeur.

V.12.1- Chenal d'évacuation et diguette de protection.

Le chenal aura une largeur de 30,00 m afin d'avoir un parcours d'écoulement assez long et une longueur de 170 m, égale à celle du déversoir. Il sera protégé par trois couches de gabion de 2 x 1 x 0,50 sur toute la largeur du déversoir soit 6 m au total. Les diguettes seront en matériaux argileux c'est-à-dire, le même ayant servi à construire la digue. La largeur en crête sera de 3,00 m et les pentes de 2H/1V compte tenu de la faible hauteur des diguettes.

V.13- Ouvrages de prise, de vidange et l'échelle limnimétrique.

V.13.1- Ouvrage de prise et de vidange.

On placera sous la digue au profil n°37, à la côte 338,82 en rive gauche, un ouvrage de prise et de vidange avec un système de vanne à l'aval (**voir annexe ; page XCIX**)

V.14- Une échelle limnimétrique.

Une échelle limnométrique sera placée dans la retenue pour le suivi des variations du niveau d'eau. Elle sera fabriquée avec 3,38 m de hauteur et dont le zéro de l'échelle sera à la côte 337,37.

V.15-Notice d'impact environnemental (NIE).

Les autorités communales ainsi que les populations de Dawanegomde font sienne la réalisation du barrage. Tous affirment que c'est le seul le projet capable d'améliorer leurs conditions de vie (vu les retombées diverses qu'il peut engendrer) et les sources de financement de la commune.

Même si le projet enchante bien les villageois et les autorités communales, ils ne perdent pas de vue qu'il peut être la source de divers problèmes (maladies hydriques, fracture sociale, pollution des eaux, conflits autour de la ressource eau). Le niveau d'organisation et la cohésion sociale constatés dans le village, permettent de dire que les conséquences possibles liées à l'exploitation de la plaine seront maitrisables.

V.16-Impacts sur l'environnement.

V.16.1- Impacts positifs :

L'aménagement et la mise en valeur du site pourraient améliorer l'état de la biodiversité : amélioration du couvert végétal herbacé et arboré, augmentation numérique de la population d'espèces végétales et l'arrivée d'une faune aquatique variée et plus abondante (poissons, batraciens, etc.).

V.16.2- Impacts négatifs

Les travaux de construction du barrage « DAWANEGOMDE » auront un impact sur l'environnement, suite à la crue liée au micro barrage, pourrait entraîner la mort de centaines de pieds de manguiers et de karité dans le lit de la plaine. Lors des échanges avec les populations, ils préfèrent de loin la promotion des filières oignon, à la production fruitière basée sur la mangue et le karité. Cet avis est partagé par les propriétaires des mangueraies ainsi que la population.

La construction du micro barrage pourra fortement affecter toutes les composantes de l'environnement (végétation, sol, air, nuisance sonore), mais de façon très localisée sur le site, et seulement pendant la durée des travaux de construction de l'ouvrage.

V.17- Impacts sur la population

V.17.1-Impacts positifs

À travers l'amélioration des systèmes de production : les populations ainsi que les autorités communales sont unanimes que le projet est vital pour la relance des activités de production rurale de la commune en général et surtout du village Dawanegomde en particulier.

V.17.2- Impacts négatifs :

Si les villageois et les autorités communales n'ont pas tari en évoquant les retombées positives de la retenue, ils ont néanmoins attiré l'attention du projet sur les conséquences fâcheuses qui pourraient en résulter :

- Prolifération des maladies liées à l'eau : paludisme, dysenterie, bilharziose, etc.
- Conflits liés à la compétition autour de l'eau pour satisfaire les besoins en eau pour le maraichage et pour l'abreuvement des animaux, surtout les animaux étrangers ;
- Conflits entre agriculteurs et éleveurs ;

V. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS.

La construction et la valorisation du barrage de Dawanegomde est un projet accueilli très favorablement par les populations bénéficiaires, les élus locaux et les responsables administratifs de la localité. Le projet présente d'énormes opportunités pour le développement socioéconomique de la zone du projet. Ainsi en dehors d'améliorer efficacement les conditions de vie des populations, il permet d'atténuer l'exode rurale de la population active (constituée majoritairement des jeunes) vers le centre urbain de Ouagadougou.

Le barrage permettra de stocker au vu de l'étude, l'ouvrage permettra de stocker plus de 244 862m³ d'eau pour un cout global de 481987170 Fcfa. Ce volume sera utile permettra non seulement l'exploitation d'une superficie de 4.4ha en amont de l'ouvrage, mais aussi de recharger la nappe et de l'abreuvement des animaux. Avec l'aménagement de ce bas fond, les revenus vont augmenter

sensiblement et les habitudes alimentaires vont aussi changer avec une amélioration de la situation nutritionnelle, en particulier pour les enfants et les femmes.

À terme, le présent projet nous a non seulement permis de mettre en application l'ensemble de nos acquis et compétences en sciences et techniques de l'ingénieur, mais aussi et surtout de nous frotter à un cas concret : une expérience riche que nous allons mettre au service de nos populations.

Le présent projet d'étude du barrage de DAWANEGOMDE, économiquement et techniquement viable, ne devrait pas se limiter à la simple réalisation. Pour assurer sa pérennité et garantir son bon fonctionnement, il est nécessaire que les parties prenantes élaborent un schéma d'organisation pour le suivi et l'entretien de l'ouvrage. La commune en tant que collectivité de base en charge de la réalisation des projets socio communautaires sur son terroir jouera le rôle de maître d'ouvrage.

À ce titre, elle veillera :

- ❖ Sur la bonne marche des activités de mise en œuvre dans les bas-fonds ;
- ❖ À l'entretien courant et correct des ouvrages par les bénéficiaires à travers des missions de suivi et de supervision ;
- ❖ À l'organisation des bénéficiaires dans le cadre du renforcement de leurs capacités.

Pour y arriver, nous formulons des recommandations suivantes :

Surveillance des ouvrages

- ❖ L'observation visuelle régulière par l'exploitant ;
- ❖ La vérification périodique du bon fonctionnement des organes hydrauliques ;
- ❖ Les mesures des instruments d'auscultation ;
- ❖ La tenue à jour du registre de l'ouvrage ;
- ❖ Des visites techniques approfondies par les autorités compétentes de la commune.

L'entretien des ouvrages est important pour garantir le bon fonctionnement et la pérennité des aménagements. Cet entretien doit être effectué couramment ou périodiquement. Les actions concernées sont les suivantes :

- ❖ Contrôle des joints de maçonneries ;
- ❖ Fauchage des mauvaises herbes après chaque hivernage sur les maçonneries ;
- ❖ Nettoyage des batardeaux si possible après chaque averse ;
- ❖ Remplacement des plaques de moellon endommagées ;
- ❖ Buchage des trous d'animaux fouisseurs (rats, souris, reptiles) ;
- ❖ Curage des dépôts d'ordures éventuels ;

- ❖ Remplacement des enrochements de protection.

VI. BIBLIOGRAPHIQUE

- BECOHA, 2015. Étude géotechnique (Rapport des essais en laboratoire). Burkina Faso.
- Moussa LO, 2016. Cour de barrage1.
- Banque Mondiale, 2008. Agriculture au service du développement. Ouagadougou.
- Bruno Ambroise, 2001. La dynamique de l'eau dans le bassin versant. H*G*A, Bucarest. ed..
- DIENG, B., 2007. Cours d'hydrogéologie et ouvrages de captage.
- Emmanuel ALONSO, Jean-Pierre BECUE, Gerard BOLLE, Jean-Luc BRODIN, 2000. Les types de barrages en remblai, in : Barrages En Remblai.
- E.R. Michalski,, D. Clerdouet, 1988. La sécurité des petits barrages : analyse des risques potentiels, propositions mesures techniques préventives.
- G. Pilot, G. Cartier, 1964. Dignes et barrages en terre de faible hauteur.
- Gérard Degoutte, 1997. PETITS BARRAGE : recommandations pour la conception, la réalisation et le suivi. Cemagref.
- Harouna KARAMBIRI, 2005a. Cour du cycle hydrologique du bassin versant.
- Harouna KARAMBIRI, 2005b. Cours de bassin versant et son complexe.
- Harouna KARAMBIRI, 2005c. Prédétermination des débits et apports
- Harouna KARAMBIRI, Ismaila GUEYE, 2006. Cour de barrage.
- INSD-MEF, 2010. Annuaire statistique de l'environnement.
- J. M DURAND, n.d. Cour de petits barrages pour l'équipement rural en AFrique.
- J. Perchat, J. Roux, n.d. BAEL 91.
- J.P LABORDE, 2000. Les éléments d'hydrologie de surface.
- Laurent COMPAORE, 1996. Cour de barrage.6
- Maurice DURAND, Paul ROYET, Patrice MERIAUX, 1998. Techniques de petits barrages en Afrique sahélienne et équatoriale.
- MAZOYER. M, ROUDART. L, 2002. Histoire des agriculteurs du monde : du néolithique à la crise contemporaine. Seuil, Paris.

- PCD TANGHIN-DASSOURI, 2009. Plan communal de la commune de TANGHIN-DASSOURRI.
- SAMI Lebelle, 2007. Cour d'éléments de béton armé.
- Sylvain BETTON, 1988. La maîtrise des crues dans les bas-fonds.

ANNEXES

<u>ANNEXE I : ETUDES SOCIO-ECONOMIQUE ET ENVIRONNEMENTALE.</u> III
<u>ANNEXE II : ETUDE DE BASES.</u> VII
<u>ANNEXE III : ETUDE HYDROLOGIQUE</u> XXVI
<u>ANNEXE IV : ETUDE DE LA DIGUE ET DES OUVRAGES ANNEXES</u>23

ANNEXE V : METRE LXXVII
ANNEXE VI : CARTES ET PLANS..... XCVIII

ANNEXE I : ETUDES SOCIO-ECONOMIQUE ET ENVIRONNEMENTALE.

I.1-Villages concernés par le projet

Selon les informations collectées avec les participants à l'assemblée des représentants de la communauté, la zone du projet est constituée par l'ensemble des villages susceptibles d'utiliser le barrage et le périmètre irrigué après leur réalisation. La localisation des villages concernés par l'aménagement est fournie par le tableau suivant. Les distances par rapport au site sont données par le tableau suivant.

*ETUDE TECHNIQUE D'AVANT-PROJET DETAILLE DU BARRAGE DE DAWANEGOMDE
PROVINCE DE KADIOGO, BURKINA FASO*

Tableau 42 : localisation des villages concernés par l'aménagement

N°	Localité	Région	Province	Commune	Distances/ site en km
1	Dawanégomdé	Centre	Kadiogo	Tanghin-Dassouri	0
2	Douré	Centre	Kadiogo	Tanghin-Dassouri	0
3	Baloulé	Centre	Kadiogo	Tanghin-Dassouri	3
4	Silmissin	Centre	Kadiogo	Tanghin-Dassouri	5
5	Bogodogo II	Centre	Kadiogo	Tanghin-Dassouri	5
6	Nabitenga II	Centre	Kadiogo	Tanghin-Dassouri	5
7	Naponé	Centre	Kadiogo	Tanghin-Dassouri	5
8	Ménéga	Centre ouest	Boulkiemdé	Kokologo	6
Tot	08 villages	02 Régions	02 Provinces	02 Communes	de 01 à 6 km

Source : Assemblée Générale village de Dawanégomdé, /CAFI-B

Selon les données de ce tableau, la zone d'influence diffuse du projet couvre huit (08) villages y compris le village promoteur qui est Dawanégomdé. Aussi, pour estimer la population bénéficiaire ainsi définie, il a été utilisé les données du recensement général de la population du Burkina Faso réalisé en 2006 (RGPH, 2006).

Les villages susceptibles de demander des parcelles si cela est possible gravitent autour du site sur une distance maximale de 15 km.

I.2- Estimation de la population active de la zone du projet.

Pour l'estimation de la population active de la zone du projet, les tranches d'âges sont celles considérées par l'Institut National des Statistiques et de la Démographie (INSD) au terme des résultats du recensement Général de la Population et de l'Habitat de l'année 2006 (RGPH, 2006). En considérant que la classe des travailleurs est celle dont les âges sont compris entre 15 ans et 64 ans, on a le tableau suivant.

Tableau 43 : population active de la zone du projet

ENTITE GEOGRAPHIQUE	Population résidente			
	0-14 ans	15-64 ans	65 ans ou +	Age N.D.
DAWANEGOMDE	296	268	48	0
BALOLE	1 216	1 301	126	2
SILMISSIN	1 758	1 743	210	34
NABITINGA II	790	817	57	37

*ETUDE TECHNIQUE D'AVANT-PROJET DETAILLE DU BARRAGE DE DAWANEGOMDE
PROVINCE DE KADIOGO, BURKINA FASO*

MANEGA	863	839	97	10
Zone du projet en 2006	4 923	4 968	538	83
Zone du projet en 2015	4 981	5 026	544	84
Pourcentages des classes d'âges	46,83%	47,26%	5,12%	0,79%

Source : RGPH, 2006 ; extrapolation faite au d'accroissement communal

La population potentiellement active de 5 026 personnes pour l'année 2015 soit une proportion de 47,26% comme le montre la figure suivante.

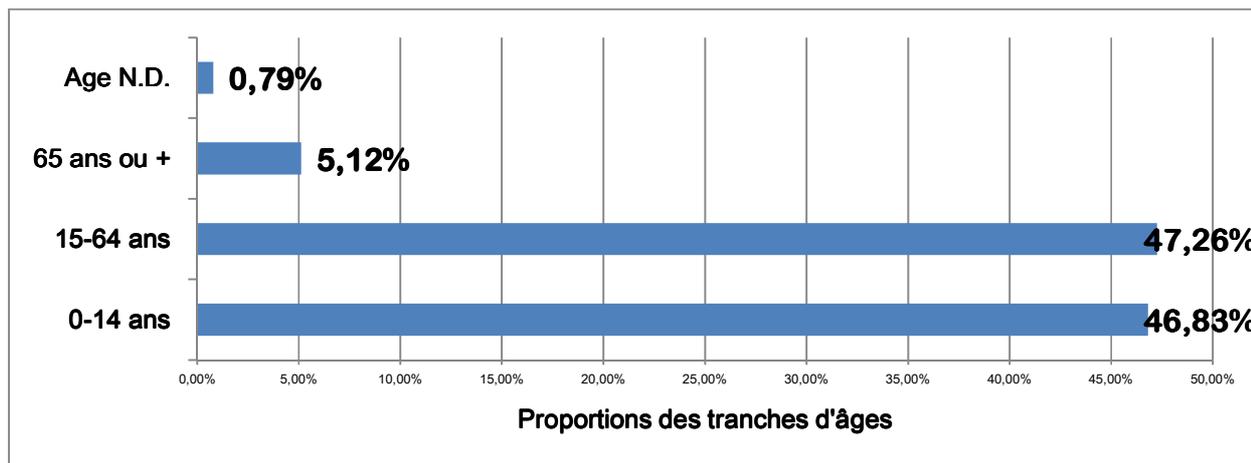


Figure 10: proportion d'actifs au sein de la population bénéficiaire

Source : RGPH, 2006 ; extrapolation faite au d'accroissement communal

La réalisation du projet contribuera au développement des activités agro pastorales de son milieu d'insertion et ce d'une manière plus ou moins significative pour une fraction assez importante de la population constituée essentiellement par les jeunes et les femmes.

I.3- Ethnies rencontrées à Dawanegomde.

Ici est présentée la situation du terroir d'implantation du projet qui est DAWANEGOMDE. La composition ethnique de la population du village bénéficiaire est présentée sur le tableau suivant.

Tableau 44 : ethnies rencontrées dans le village de DAWANEGOMDE

N°	Ethnies	Fréquences estimées
1	Mossi	100%
2	Peulh	0%
3	Autre	0%

Source : Assemblée Générale DAWANEGOMDE, bureau d'études CAFI-B.

La langue mooré est la langue parlée au sein de la communauté. Cela constitue un important facteur de communication entre les habitants du village de DAWANEGOMDE et de ses voisins constituant la zone du projet. Ce résultat est le même aussi bien pour les données de l'assemblée villageoise que pour les enquêtes ménages.

I.4- Religions pratiquées à Dawanegomde

Sur le plan religieux, on note une coexistence pacifique entre les différentes religions. Les religions les plus pratiquées à DAWANEGOMDE sont l'islam et le catholicisme.

Tableau 45: religions des chefs de ménages

N°	Religion			
	Animisme	Islam	Catholicisme	Protestantisme
Total	5	6	27	2
Pourcentage	12,50%	15%	67%	5%

Source : Enquêtes ménages village de Dawanégomdé, CAFI-B

Ces résultats sont proches de ceux obtenus en assemblée villageoise et montrent que les adeptes du catholicisme sont les moins nombreux dans le village de DAWANEGOMDE.

I.5- Occupation actuelle du site

Les activités suivantes sont menées sur le site : petite chasse, agriculture, prélèvement de bois de cuisine par les femmes, pâture d'animaux.

Pour les champs, dans le domaine agricole, des champs sont exploités aussi bien sur le site de barrage que sur celui destiné à recevoir l'aménagement. Ces champs ont été répertoriés avec l'appui des accompagnants villageois sr le site. Les tableaux suivants donnent l'occupation actuelle des terres.

Tableau 46: inventaire des champs situés dans la cuvette du barrage

N°	Nom et Prénom (s) de l'exploitant actuel	Village	Statut de l'exploitant		Spéculations produites	Superficie
			Propriétaire	Demandeur		
1	TAPSOBA Koudougou	DAWANEGOMDE	1		Mil	3
2	TAPSOBA Goama	DAWANEGOMDE	1		Sorgho	4
3	TAPSOBA Yérousmane	DAWANEGOMDE	1		Sorgho	0,5
4	TAPSOBA Oumarou	DAWANEGOMDE	1		Arachide	0,5
5	TAPSOBA Ninaa	DAWANEGOMDE	1			
6	KABORE Pinga	DAWANEGOMDE		1	Sorgho	0,25
7	KOALLA Marcel	DAWANEGOMDE	1		Sorgho	0,25
8	KALMOGO Jeu-Baptiste	DAWANEGOMDE		1	Sorgho	0,25
Total = 8 exploitants actuels		1	6	2	1	8,75
Pourcentages et Moyennes		100%	75%	25%	100%	19,65%

Source : Enquêtes terrain village de DAWANEGOMDE, CAFI-B.

ANNEXE II : ETUDE DE BASES.

Tableau 47:Coordonnées UTM des bornes de la cuvette du barrage.

Borne	X (30P)	Y	Z
A1	631806,00	1357963,00	339,206
B1	631864,99	1358104,894	339,997
B2	631801,71	1357950,61	340,214
B3	616788,73	1358131,79	338,147
B4	631521,36	1358082,44	337,289
B5	631348,063	1358251,39	336,506

Le tableau ci-après présente le volume et la surface du plan d'eau en fonction de la hauteur, c'est-à-dire la différence entre les côtes.

Tableau 48: Données bases pour les courbes hauteurs volume/ surface

Côtes (m)	Surface (m ²)	Superficie (ha)	Hauteur de tranche d'eau (m)	Surface moyenne (m ²)	Volume élémentaire (m ³)	Volume cummulé (m ³)
337	0	0,00	0	0	0	0
337,25	63,14	0,01	0,25	31,57	31,82	32
337,50	862,77	0,09	0,25	462,96	115,74	148
337,75	3984,04	0,40	0,25	2423,41	605,85	753
338,00	10317,86	1,03	0,25	7150,95	1787,74	2541
338,25	19709,96	1,97	0,25	15013,91	3753,48	6295
338,50	30101,14	3,01	0,25	24905,55	6226,39	12521

*ETUDE TECHNIQUE D'AVANT-PROJET DETAILLE DU BARRAGE DE DAWANEGOMDE
PROVINCE DE KADIOGO, BURKINA FASO*

338,75	53079,20	5,31	0,25	41590,17	10397,54	22919
339,00	107269,66	10,73	0,25	80174,43	20043,61	42962
339,25	188822,07	18,88	0,25	148045,87	37011,47	79974
339,50	329841,61	32,98	0,25	259331,84	64832,96	144807
339,75	470604,75	47,06	0,25	400223,18	100055,80	244862
340,00	651312,17	65,13	0,25	560958,46	140239,62	385102
340,25	799941,46	79,99	0,25	725626,82	181406,70	566509
340,50	942095,25	94,21	0,25	871018,36	217754,59	784263
340,75	1062179,55	106,22	0,25	1002137,40	250534,35	1034798

Tableau 49: Pluies mensuelles.

Année	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Total
1952	**	**	**	**	45,7	95,8	157,1	206,3	237,5	16,2	0,0	0,0	758,6
1953	0,0	0,0	0,0	6,1	241,8	93,9	207,6	248,1	59,6	26,5	0,7	0,0	884,3
1954	0,0	0,0	9,3	36,1	117,3	163,6	204,3	265,9	103,0	50,3	0,0	0,0	949,8
1955	0,0	2,0	11,3	5,3	131,7	136,6	229,9	159,4	258,3	105,9	0,0	0,0	1 040,4
1956	0,0	27,5	27,3	34,7	114,4	186,7	250,1	258,1	182,9	20,3	0,0	0,0	1 102,0
1957	0,0	0,0	0,0	32,1	170,5	150,0	182,2	234,2	197,5	23,6	3,3	0,0	993,4
1958	0,0	0,0	12,8	8,2	29,1	143,0	112,3	281,8	166,0	9,7	3,5	0,0	766,4
1959	0,0	0,4	0,0	6,2	131,4	144,1	114,8	481,8	101,5	9,6	0,0	0,0	989,8
1960	0,0	0,0	23,4	22,3	89,8	96,2	215,2	159,5	140,4	33,8	13,3	9,6	803,5
1961	0,0	0,0	1,0	5,1	14,0	164,5	145,8	181,0	184,8	0,0	0,0	0,0	696,2
1962	0,0	0,0	0,0	22,7	85,2	204,1	201,6	452,6	164,3	39,0	13,7	0,0	1 183,2
1963	0,0	0,0	0,0	30,5	44,3	85,4	144,0	218,7	77,8	56,1	0,0	0,0	656,8
1964	0,0	0,0	0,0	54,0	92,8	157,2	191,5	319,7	261,0	13,2	0,0	13,8	1 103,2
1965	0,0	0,0	0,0	10,2	134,7	59,4	224,1	225,5	172,4	25,9	0,0	0,0	852,2
1966	0,0	0,0	0,0	35,7	48,8	133,1	90,7	175,1	105,3	55,0	4,4	0,0	648,1
1967	0,0	1,1	0,0	7,3	73,6	83,9	163,2	275,6	139,7	19,4	0,6	0,0	764,4
1968	0,0	5,9	11,4	28,7	85,9	94,9	193,6	163,2	137,8	52,2	0,0	0,0	773,6
1969	0,0	0,0	28,5	14,3	81,2	123,8	220,0	344,7	208,4	24,4	0,0	0,0	1 045,3
1970	0,0	0,0	0,0	1,5	121,8	62,0	217,1	162,4	133,1	30,9	0,0	0,0	728,8
1971	0,0	1,1	4,6	48,1	27,9	73,0	224,3	192,6	149,1	2,6	0,0	3,1	726,4

ETUDE TECHNIQUE D'AVANT-PROJET DETAILLE DU BARRAGE DE DAWANEGOMDE PROVINCE DE KADIOGO, BURKINA FASO

1972	0,0	0,0	0,0	57,0	110,3	261,7	187,4	183,0	170,3	90,3	0,0	0,0	1 060,0
1973	0,0	12,8	0,0	79,5	52,5	76,1	244,0	179,6	90,9	10,5	0,0	0,0	745,9
1974	0,0	0,0	0,8	0,1	74,6	89,6	166,3	360,5	198,5	33,7	0,0	0,0	924,1
1975	0,0	0,0	0,0	2,7	19,3	129,6	292,4	223,6	71,7	16,3	0,0	0,0	755,6
1976	3,2	0,0	19,8	4,5	111,6	163,1	202,0	254,6	223,4	124,0	0,0	0,0	1 106,2
1977	0,0	0,0	4,9	0,5	68,6	66,5	**	310,7	83,0	34,7	0,0	0,0	568,9
1978	0,0	0,0	3,1	96,2	75,0	90,3	137,7	186,9	152,0	23,0	0,0	0,0	764,2
1979	0,0	0,0	6,3	9,3	50,9	86,0	196,0	157,8	171,6	27,1	25,8	0,0	730,8
1980	0,0	0,0	0,0	13,2	29,2	103,4	134,6	205,7	66,2	40,9	0,0	0,0	593,2
1981	0,0	0,0	0,0	30,6	88,3	80,0	198,1	211,8	103,7	1,1	0,0	0,0	713,6
1982	0,0	0,1	31,0	45,0	111,2	83,5	105,8	139,4	73,3	45,4	0,0	0,0	634,7
1983	0,0	0,0	0,0	0,9	45,4	110,7	191,6	205,0	109,3	11,7	0,0	0,0	674,6
1984	0,0	0,0	20,9	14,6	67,0	59,4	167,2	122,3	103,7	14,3	2,0	0,0	571,4
1985	0,0	0,0	0,0	5,3	87,0	83,3	177,0	154,8	163,0	3,5	0,0	0,0	673,9
Moyenne	0,1	1,5	6,6	23,3	84,5	115,7	184,5	232,4	145,9	32,1	2,0	0,8	
SERVICE METEOROLOGIQUE													
PLUVIOMETRIE MENSUELLE (mm) Période (1986-2012)													
STATION DE OUAGA AERO													
Année	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Total
1986	0,0	0,0	4,1	10,4	84,5	130,5	160,6	197,8	165,4	40,6	0,3	0,0	794,2
1987	0,0	0,0	13,3	0,0	67,0	163,8	148,3	221,9	131,2	39,0	0,0	0,0	784,5

ETUDE TECHNIQUE D'AVANT-PROJET DETAILLE DU BARRAGE DE DAWANEGOMDE PROVINCE DE KADIOGO, BURKINA FASO

1988	0,0	0,0	0,0	79,9	68,8	65,6	161,9	263,8	88,7	6,2	0,0	0,0	734,9
1989	0,0	0,0	5,5	0,0	35,7	55,3	233,5	305,3	112,4	48,4	0,0	1,7	797,8
1990	0,0	0,0	0,0	15,3	112,3	81,9	162,2	196,6	103,8	3,8	0,0	0,0	675,9
1991	0,0	0,0	0,4	65,8	235,3	95,1	158,1	248,7	47,9	49,4	0,0	0,0	900,7
1992	0,0	0,0	0,0	51,9	12,9	79,4	246,7	244,7	51,0	4,9	7,2	0,0	698,7
1993	0,0	0,0	9,4	25,7	8,4	128,8	226,2	195,8	97,8	58,5	0,0	0,0	750,6
1994	0,0	0,0	1,7	1,0	14,2	108,4	130,5	296,3	110,8	64,9	0,0	0,0	727,8
1995	0,0	0,0	0,0	9,6	50,3	114,3	118,3	258,2	136,0	13,1	0,4	0,0	700,2
1996	0,0	0,0	0,0	22,6	45,8	40,1	129,1	193,0	223,9	22,9	0,0	0,0	677,4
1997	0,0	0,0	49,2	58,0	51,6	66,4	111,3	155,0	48,0	48,1	0,0	0,0	587,6
1998	0,0	0,0	0,0	15,0	65,9	26,7	105,2	209,0	195,3	52,2	0,0	0,0	669,3
1999	0,0	0,0	0,7	17,0	53,9	74,7	240,7	236,0	168,6	8,9	0,0	0,0	800,5
2000	0,0	0,0	0,0	16,4	78,7	138,6	152,6	118,0	24,3	65,8	0,0	0,0	594,4
2001	0,0	0,0	0,0	0,0	70,9	26,3	183,9	208,0	14,5	14,7	0,0	0,0	518,3
2002	0,0	0,0	0,0	7,0	39,8	38,2	169,7	179,0	182,8	39,4	TR	0,0	655,9
2003	0,0	2,4	21,9	23,9	69,1	163,8	181,8	170,0	161,3	53,2	0,0	0,0	847,4
2004	0,0	0,0	TR	54,4	62,8	27,9	245,6	194,0	181,1	16,3	9,8	0,0	791,9
2005			0,5	29,1	50,2	82,3	250,6	282,0	123,3	21,9			839,4
2006				5,7	13,3	66,4	168,0	202,3	108,8	32,3			596,8
2007				85,7	42,7	33,2	114,3	299,2	137,7	0,3	0,1		713,2
2008			4,4		60,9	90,0	247,0	250,8	131,3	28,0			808,0
2009			0,3	13,0	41,7	140,7	168,4	197,6	329,6	32,3			923,3
2010				50,9	67,6	114,1	235,1	249,4	85,3	47,2			849,6

ETUDE TECHNIQUE D'AVANT-PROJET DETAILLE DU BARRAGE DE DAWANEGOMDE PROVINCE DE KADIOGO, BURKINA FASO

2011			0,8	25,3	33,9	120,9	223,8	181,0	88,1	15,7			688,7
2012				13,7	62,3	67,9	368,0	239,7	234,8	4,8		0,3	991,2
2013													795,3
2014													843,9

Tableau 50 : Pluies journalières maximales

SERVICE METEOROLOGIQUE													
PLUVIOMETRIE MAXIMALE EN 24 HEURES							Période (1952-1984)						
STATION DE OUAGADOUGOU													
LATITUDE 12°21 N				LONGITUDE 01°31 W				ALTITUDE 303 M					
Année	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	AN
1952					13,2	43,7	34,1	41,7	60,2	4,1			60,2
1953			TR	3,8	120,5	26,7	36,4	92,5	14,7	9,9	0,7		120,5
1954			8,3	30,0	45,9	39,9	44,2	52,5	32,5	15,7	TR		52,5
1955		1,8	11,3	2,9	57,2	41,1	51,6	36,5	52,1	54,4		TR	57,2
1956		24,5	12,5	8,6	27,4	53,9	37,0	49,3	77,1	11,2			77,1
1957				23,6	48,5	31,2	39,2	61,8	109,7	8,3	2,3		109,7
1958			12,8	5,5	11,9	50,3	27,7	50,5	52,2	9,7	3,5		52,2
1959	TR	0,4	TR	3,2	41,0	44,0	37,0	91,2	28,2	6,5	TR		91,2
1960			23,4	21,5	27,8	36,2	52,8	29,5	31,3	21,1	10,6	9,6	52,8
1961	TR		9,8	4,9	4,3	47,0	48,6	25,9	72,1	TR	TR		48,6
1962				10,8	47,0	57,0	93,6	76,5	33,7	2,3	11,3	TR	93,6

ETUDE TECHNIQUE D'AVANT-PROJET DETAILLE DU BARRAGE DE DAWANEGOMDE PROVINCE DE KADIOGO, BURKINA FASO

1963		TR	TR	6,9	31,7	33,9	46,9	58,4	22,1	22,7			58,4
1964			TR	27,9	17,9	37,3	39,6	57,3	47,7	12,5		10,6	57,3
1965	TR			10,2	58,5	26,7	62,4	60,6	28,3	16,8			62,4
1966		TR	TR	15,6	21,3	33,8	31,9	42,7	34,5	26,5	4,4		42,7
1967		1,1	TR	5,9	39,2	24,9	41,9	56,1	29,9	19,4	0,6		56,1
1968		5,9	11,1	16,1	40,2	21,8	33,6	36,2	32,7	37,9			40,2
1969			14,1	6,3	42,2	31,6	52,4	102,7	43,7	18,1	TR		102,7
1970			TR	1,5	89,6	15,4	39,7	28,5	28,4	13,0			89,6
1971		1,1	4,6	34,0	17,9	38,0	41,5	89,8	39,2	2,4		3,1	89,8
1972	TR			23,8	34,4	52,7	46,6	39,5	59,9	48,5		TR	59,9
1973		12,8		57,5	12,7	37,9	59,0	33,4	49,2	8,0			59,0
1974	TR		0,5	0,1	30,6	29,8	31,8	60,5	46,0	12,8	TR		60,5
1975			TR	2,4	6,5	44,8	54,8	65,6	25,7	9,6			65,6
1976	3,2	TR	19,8	3,4	48,6	55,3	29,8	75,8	46,9	76,7	TR		76,7
1977				0,3	51,5	18,9	32,1	89,3	34,1	17,7			89,3
1978			2,4	67,5	32,9	29,0	47,3	40,5	35,0	10,8			67,5
1979			3,5	7,0	16,7	12,7	46,5	25,7	29,5	20,6	25,5		46,5
1980		TR		13,0	17,9	27,9	37,9	45,7	19,0	10,7		TR	45,7
1981			TR	22,9	20,8	28,6	61,5	51,9	31,5	1,1			61,5
1982	0,1	14,2	37,1	34,1	34,7	18,2	28,6	36,0	18,9	25,2		TR	37,1
1983			TR	0,5	18,6	39,7	63,3	28,5	34,4	8,1			63,3
1984			16,9	13,1	17,2	15,1	42,8	32,0	32,5	9,7	1,0		42,8

ETUDE TECHNIQUE D'AVANT-PROJET DETAILLE DU BARRAGE DE DAWANEGOMDE PROVINCE DE KADIOGO, BURKINA FASO

SERVICE METEOROLOGIQUE													
PLUVIOMETRIE MAXIMALE EN 24 HEURES							Période (1985-2012)						
STATION DE OUAGADOUGOU													
LATITUDE 12°21 N				LONGITUDE 01°31 W				ALTITUDE 303 M					
Année	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	AN
1985	TR			3,1	36,4	20,7	36,9	22,9	50,4				50,4
1986			4,1	5,2	30,6	32,2	36,5	47,2	33,0	36,3			47,2
1987			12,4		24,2	75,6	40,3	53,0	44,9	10,0			75,6
1988				37,3	31,5	18,2	64,2	56,8	26,8	5,9	TR		64,2
1989			4,2		1,6	13,5	74,9	37,3	27,6	20,9		1,7	74,9
1990				8,2	55,0	25,7	36,3	47,9		2,1	TR		55,0
1991			0,4	29,5	105,2	33,4	45,8	35,8	19,4	16,2			105,2
1992	TR		TR	32,8	6,1	23,0	53,9	51,9	18,4	3,1	4,8		53,9
1993		TR	9,4	21,4	4,5	41,4	54,0	47,7	27,4	44,6			54,0
1994			1,5	0,7	3,5	38,4	31,6	58,2	32,3	15,5			58,2
1995		TR	TR	6,4	13,5	28,3	27,3	73,1	33,6	5,5	0,4		73,1
1996				11,2	21,4	15,4	35,6	37,1	70,3	15,3			70,3
1997			45,2	25,6	12,6	19,7	31,9	35,3	19,2	19,3			45,2
1998				7,8	14,7	7,1	28,5	72,4	40,7	24,9			72,4
1999				9,3	18,8	28,3	66,0	33,1	25,7	5,6			66,0

2000				15,9	18,7	58,6	36,5	37,1	8,2	27,9			58,6
2001					19,9	8,2	44,6	49,8	27,7	9,2			49,8
2002				5,2	19,1	21,6	32,9	58,1	38,2	28,3	TR		58,1
2003		2,4	2,0	16,2	39,6	62,1	38,4	26,6	58,9	38,3			62,1
2004			TR	34,6	25,9	10,3	55,1	35,2	42,2	8,7	9,8		55,1
2005			0,5	13,5	23,3	37,3	75,7	42,8	28,4	18,9			75,7
2006				5,7	9,1	36,3	30,9	33,3	20,9	27,9			36,3
2007				30,2	36,0	27,5	30,8	116,7	60,5	0,3	0,1		116,7
2008			4,3		34,9	25,6	57,0	40,5	58,4	18,1			58,4
2009			0,3	8,4	16,2	56,2	20,0	35,1	261,3	19,5			261,3
2010				40,3	40,3	44,8	70,4	48,5	35,2	18,7			70,4
2011			0,8	24,6	8,8	42,3	43,8	36,3	24,5	11,8			43,8
2012				4,8	26,4	18,3	67,8	59,9	61,6	4,8			67,8
2013													67,3
2014													57,2

I.2. Etudes climatiques

I.2.1. Analyse des pluies.

I.2.1. Ajustement par la loi de Gauss (pluies annuelles).

La loi de Gauss est utilisée pour ajuster les pluies annuelles. Ainsi le tableau ci-dessous présente les pluies annuelles de la station synoptique de la ville Ouagadougou (1962-2014)

Tableau 51: Ajustement de Gauss

ETUDE TECHNIQUE D'AVANT-PROJET DETAILLE DU BARRAGE DE DAWANEGOMDE PROVINCE DE KADIOGO, BURKINA FASO

Année	Pluie an (mm)	Rang	Fréquence Fi	Ui	Xp
2001	518,3	1	0,01	-2,41	424,82
1977	568,9	2	0,02	-1,98	490,00
1984	571,4	3	0,04	-1,75	524,24
1997	587,6	4	0,06	-1,59	548,61
1980	593,2	5	0,07	-1,47	567,96
2000	594,4	6	0,09	-1,36	584,24
2006	596,8	7	0,10	-1,26	598,44
1982	634,7	8	0,12	-1,18	611,13
1966	648,1	9	0,13	-1,10	622,67
2002	655,9	10	0,15	-1,03	633,32
1963	656,8	11	0,17	-0,97	643,24
1998	669,3	12	0,18	-0,91	652,57
1985	673,9	13	0,20	-0,85	661,41
1983	674,6	14	0,21	-0,79	669,82
1990	675,9	15	0,23	-0,74	677,89
1996	677,4	16	0,25	-0,69	685,64
2011	688,7	17	0,26	-0,64	693,14
1961	696,2	18	0,28	-0,59	700,40
1992	698,7	19	0,29	-0,54	707,46
1995	700,2	20	0,31	-0,50	714,35
2007	713,2	21	0,33	-0,45	721,09

ETUDE TECHNIQUE D'AVANT-PROJET DETAILLE DU BARRAGE DE DAWANEGOMDE PROVINCE DE KADIOGO, BURKINA FASO

1981	713,6	22	0,34	-0,41	727,69
1971	726,4	23	0,36	-0,37	734,17
1994	727,8	24	0,37	-0,32	740,56
1970	728,8	25	0,39	-0,28	746,86
1979	730,8	26	0,40	-0,24	753,09
1988	734,9	27	0,42	-0,20	759,25
1973	745,9	28	0,44	-0,16	765,37
1993	750,6	29	0,45	-0,12	771,44
1975	755,6	30	0,47	-0,08	777,49
1952	758,6	31	0,48	-0,04	783,52
1978	764,2	32	0,50	0,00	789,54
1967	764,4	33	0,52	0,04	795,56
1958	766,4	34	0,53	0,08	801,58
1968	773,6	35	0,55	0,12	807,63
1987	784,5	36	0,56	0,16	813,71
2004	791,9	37	0,58	0,20	819,82
1986	794,2	38	0,60	0,24	825,99
2013	795,3	39	0,61	0,28	832,22
1989	797,8	40	0,63	0,32	838,52
1999	800,5	41	0,64	0,37	844,90
1960	803,5	42	0,66	0,41	851,39
2008	808,0	43	0,67	0,45	857,99

ETUDE TECHNIQUE D'AVANT-PROJET DETAILLE DU BARRAGE DE DAWANEGOMDE PROVINCE DE KADIOGO, BURKINA FASO

2005	839,4	44	0,69	0,50	864,73
2014	843,9	45	0,71	0,54	871,61
2003	847,4	46	0,72	0,59	878,68
2010	849,6	47	0,74	0,64	885,94
1965	852,2	48	0,75	0,69	893,43
1953	884,3	49	0,77	0,74	901,19
1991	900,7	50	0,79	0,79	909,25
2009	923,3	51	0,80	0,85	917,67
1974	924,1	52	0,82	0,91	926,51
1954	949,8	53	0,83	0,97	935,83
1959	989,8	54	0,85	1,03	945,76
2012	991,2	55	0,87	1,10	956,40
1957	993,4	56	0,88	1,18	967,95
1955	1 040,4	57	0,90	1,26	980,63
1969	1 045,3	58	0,91	1,36	994,83
1972	1 060,0	59	0,93	1,47	1011,12
1956	1 102,0	60	0,94	1,59	1030,47
1964	1 103,2	61	0,96	1,75	1054,84
1976	1 106,2	62	0,98	1,98	1089,07
1962	1 183,2	63	0,99	2,41	1154,26

➤ **Calcul des paramètres de la loi de Gauss et de la variable réduite notée u**

Tableau 52: Les pluies et les intervalles de confiances correspondants.

α	$((1-\alpha)/2)$	$U((1-\alpha)/2)$			Verification	
95%	0,025	1,96			59,85	
Temps(ans)	p	U_p	$B(F_i)$	X_p	X_p borne inf	X_p borne sup
1,01	0,01	-2,33	3,84	437,2	293,8	580,6
1,05	0,02	-2,05	2,92	479,0	369,9	588,0
1,11	0,10	-1,28	1,76	595,7	530,0	661,5
1,25	0,20	-0,84	1,43	662,3	608,9	715,7
2	0,50	0,00	1,25	789,5	742,9	836,2
5	0,80	0,84	1,43	916,8	863,4	970,2
10	0,90	1,28	1,76	983,3	917,6	1049,1
50	0,98	2,05	2,92	1100,1	991,1	1209,2
100	0,99	2,33	3,84	1141,3	997,9	1284,7

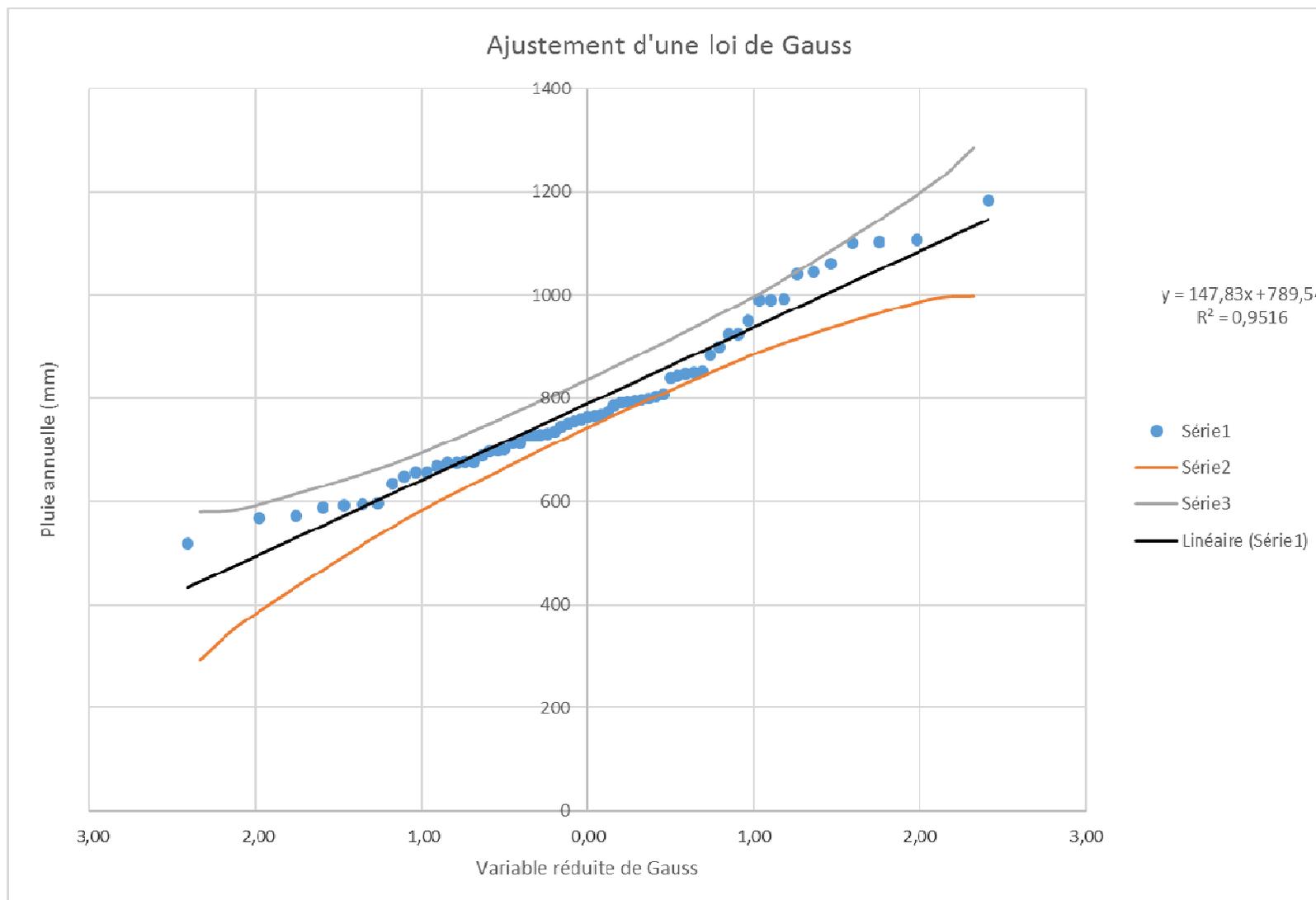


Figure 11: Courbe des pluies et intervalles de confiance.

Tableau 53: Ajustement par la loi de Gumbel (pluies journalières).

Année	Pluie journalière maximale	Rang	F(xi)	U(xi)
2006	36,3	1	0,01	-1,58
1982	37,1	2	0,02	-1,32
1968	40,2	3	0,04	-1,17
1966	42,7	4	0,06	-1,06
1984	42,8	5	0,07	-0,97
2011	43,8	6	0,09	-0,89
1997	45,2	7	0,10	-0,82
1980	45,7	8	0,12	-0,76
1979	46,5	9	0,13	-0,69
1986	47,2	10	0,15	-0,64
1961	48,6	11	0,17	-0,58
2001	49,8	12	0,18	-0,53
1985	50,4	13	0,20	-0,48
1958	52,2	14	0,21	-0,43
1954	52,5	15	0,23	-0,38
1960	52,8	16	0,25	-0,34
1992	53,9	17	0,26	-0,29
1993	54	18	0,28	-0,25
1990	55	19	0,29	-0,20
2004	55,1	20	0,31	-0,16

ETUDE TECHNIQUE D'AVANT-PROJET DETAILLE DU BARRAGE DE DAWANEGOMDE PROVINCE DE KADIOGO, BURKINA FASO

1967	56,1	21	0,33	-0,12
1955	57,2	22	0,34	-0,07
2014	57,2	23	0,36	-0,03
1964	57,3	24	0,37	0,01
2002	58,1	25	0,39	0,06
1994	58,2	26	0,40	0,10
1963	58,4	27	0,42	0,14
2008	58,4	28	0,44	0,19
2000	58,6	29	0,45	0,23
1973	59	30	0,47	0,28
1972	59,9	31	0,48	0,32
1952	60,2	32	0,50	0,37
1974	60,5	33	0,52	0,41
1981	61,5	34	0,53	0,46
2003	62,1	35	0,55	0,51
1965	62,4	36	0,56	0,56
1983	63,3	37	0,58	0,61
1988	64,2	38	0,60	0,66
1975	65,6	39	0,61	0,71
1999	66	40	0,63	0,76
2013	67,3	41	0,64	0,82
1978	67,5	42	0,66	0,87

ETUDE TECHNIQUE D'AVANT-PROJET DETAILLE DU BARRAGE DE DAWANEGOMDE PROVINCE DE KADIOGO, BURKINA FASO

2012	67,8	43	0,67	0,93
1996	70,3	44	0,69	0,99
2010	70,4	45	0,71	1,06
1998	72,4	46	0,72	1,12
1995	73,1	47	0,74	1,19
1989	74,9	48	0,75	1,26
1987	75,6	49	0,77	1,34
2005	75,7	50	0,79	1,42
1976	76,7	51	0,80	1,51
1956	77,1	52	0,82	1,60
1977	89,3	53	0,83	1,70
1970	89,6	54	0,85	1,81
1971	89,8	55	0,87	1,93
1959	91,2	56	0,88	2,07
1962	93,6	57	0,90	2,22
1969	102,7	58	0,91	2,39
1991	105,2	59	0,93	2,60
1957	109,7	60	0,94	2,86
2007	116,7	61	0,96	3,21
1953	120,5	62	0,98	3,73
2009	261,3	63	0,99	4,83

➤ **Calcul des paramètres de la loi de Gumbell et de la variable réduite notée u**

Tableau 54: présente les pluies et les intervalles de confiances correspondants.

α	$((1-\alpha)/2)$	$U((1-\alpha)/2)$				
95%	0,025	1,31				
Temps(ans)	p	Up	Xp	K	Xp borne inf	Xp borne sup
1,01	0,01	-1,53	16,99	-1,64	10,32	23,66
1,05	0,05	-1,11	27,10	-1,32	21,77	32,43
1,11	0,10	-0,83	33,88	-1,10	29,29	38,48
1,25	0,20	-0,48	42,58	-0,82	38,61	46,56
2	0,50	0,37	63,05	-0,16	58,43	67,66
3,33	0,70	1,03	79,16	0,35	72,56	85,75
5	0,80	1,50	90,58	0,72	82,29	98,87
10	0,90	2,25	108,81	1,31	97,62	120,00
20	0,95	2,97	126,30	1,87	112,21	140,38
50	0,98	3,90	148,93	2,59	131,02	166,84
100	0,99	4,60	165,89	3,14	145,10	186,69

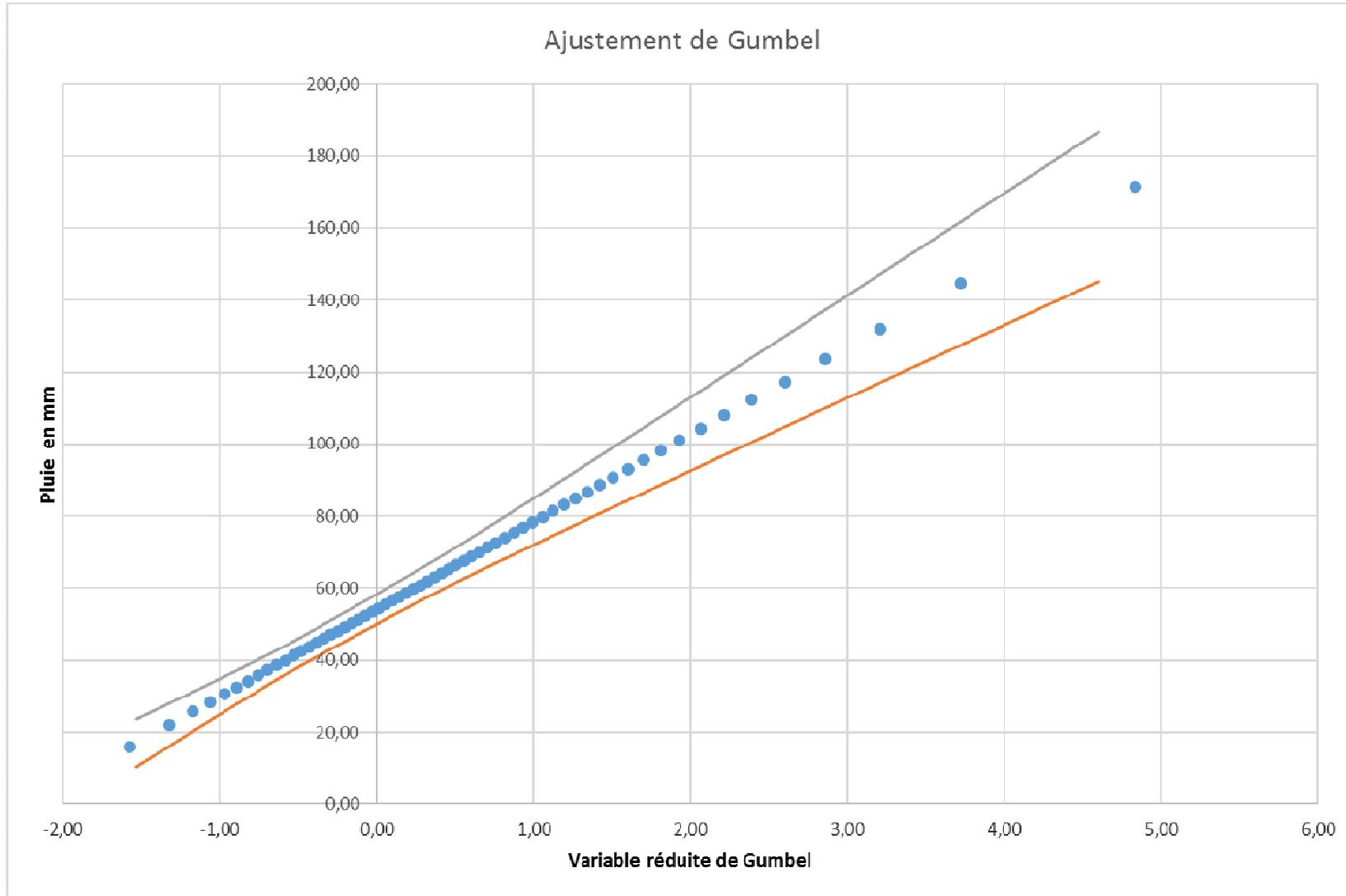


Figure 12: Courbe des pluies et intervalles de confiance.

ANNEXE III : ETUDE HYDROLOGIQUE

III.1. Caractérisation du bassin versant

- **Coefficient de compacité de GRAVELIUS.**

Le coefficient de compacité de GRAVELIUS, appelé également coefficient de forme, correspond au rapport du périmètre du bassin à celui d'un cercle de même superficie :

$$K_G = 0.282 * P/\sqrt{S}$$

Avec, **P** : Périmètre stylisé du bassin, en km;

S : Superficie du bassin versant, en km²

$$K_G = 2.01$$

Comme le coefficient de compacité est supérieur à 1 ($K_G > 1$), notre bassin versant possède une forme allongée.

- **Longueur du rectangle équivalent**

Par définition, le rectangle équivalent (exprimée en Km) et notée **L** est un rectangle qui a la même superficie, le même indice de compacité et la même distribution hypsométrique que le bassin versant considéré. Sa longueur est donnée par les expressions suivantes :

$$L = \frac{P + \sqrt{P^2 - 16S}}{4}$$

$$L = 13.87 \text{ Km}$$

Deuxième méthode permettant de calculer les paramètres du rectangle équivalent :

$$L = \frac{K\sqrt{S}}{1.12} \left[1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{K}\right)^2} \right]; \quad \text{pour } K > 1.12$$

$$L = 13.99 \text{ Km}$$

- ✓ **Indice global de pente Ig**

L'indice global de pente I_g est une grandeur qui caractérise le bassin versant, il correspond au rapport de la dénivelé D séparant les altitudes à 5% et 95% de la courbe hypsométrique à la longueur du rectangle équivalent.

Sa formule est la suivante : $I_g = \frac{D}{L}$

- ✓ **D (m)** représente la dénivelée séparant les altitudes ayant approximativement 5% et 95% de la surface (Bulletin FAO N°54. 1996). Ces altitudes sont déterminées sur la courbe hypsométrique
- ✓ **L (Km)** est la longueur du rectangle équivalent en km.

- **Courbe hypsométrique.**

La courbe hypsométrique représente la répartition des pourcentages de la surface du bassin versant en fonction des altitudes.

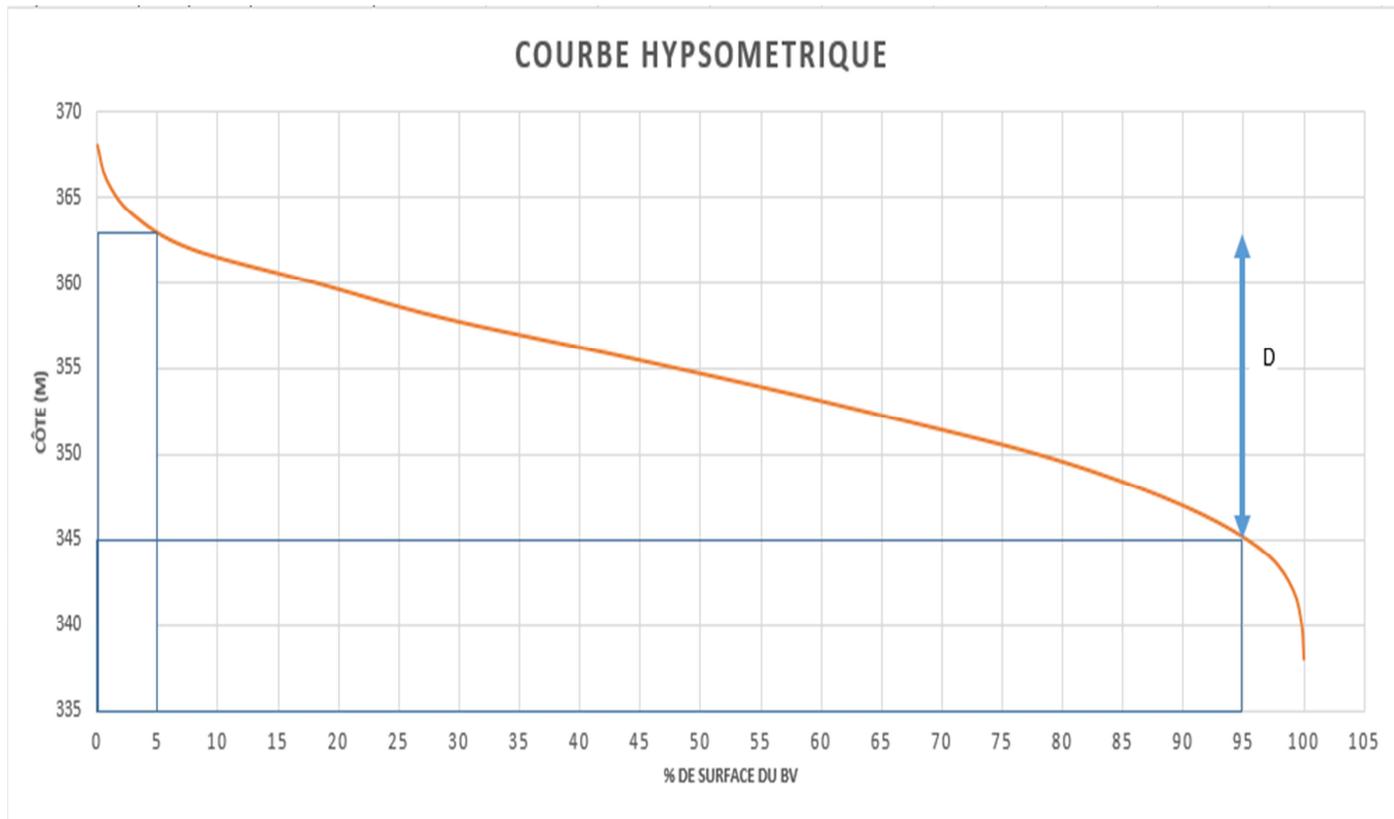


Figure 13: Courbe hypsométrique

Le tableau suivant présente un résumé des caractéristiques de la courbe hypsométrique.

Tableau 55: Calcul de l'indice global de pente.

Surface(%)	Côte(m)	L(Km)	D	Ig(m/Km)
5	362,50	13,99	17,50	1,25
95	345			

- **Calcul des pentes transversales.**

Le tableau suivant présente les pentes transversales ainsi que la valeur moyenne de pente transversale.

Tableau 56: Pentes transversales.

Indice global de pente(m/Km)	Pente transversales(m/Km)					Pente transversale moyenne(m/ Km)
Ig(m/Km)	Pente1	Pente2	Pente3	Pente4	Pente5	IT(m/Km)
1,25	13,2	8,1	16,5	5,3	11,5	10,92

Figure 14: Calcul de la pente transversale

Nous remarquons que les pentes transversales sont de plus de 20% différentes de Ig (comme l'indique le tableau ci-dessus). Alors nous devons calculer un indice global de pente corrigé pour la suite de nos travaux.

Indice global de pente corrigé (I_{gcor})

L'indice global de pente corrigé (I_{gcor}) vaut :

$$I_{gcor} = \frac{(n-1)I_g + I_t}{n} \quad \text{Avec} \quad n = 3 \quad \text{pour } 5 < L < 25 \text{ km}$$

$$I_{gcor} = 4.47 \text{ m/Km}$$

1.3.2. Classification du bassin versant.

- **Classification en fonction de la pente**

L'ORSTOM (actuellement IRD: Institut de Recherche pour le Développement) a défini 6 classes de bassins versants en fonction des pentes longitudinale et transversale moyenne: D'après cette classification, notre bassin versant est de la classe R5.

R5 : pentes fortes, pentes longitudinales entre 2% et 5%, et pentes transversales entre 8% et 20%.

- **Classification en fonction de l'infiltration**

Selon La classification qualitative adoptée par Rodier, il existe six classes de bassin versant (**ancienne nomenclature entre parenthèses**). En fonction des caractéristiques pédologiques du Bassin versant, nous constatons que notre bassin versant est de type **RI (P3)** : bassin relativement imperméable. Mélange en proportions à peu près égales de sols imperméables **I (P2)** et de sols perméables **P (P4)**.

III.2. ETUDES DES CRUES

Les études hydrologiques ont été faites à parti des pluies de la station synoptique de Ouagadougou.

Le calcul des crues seront décennales et centennales seront faites à trois méthodes différentes :

I.4.2. Méthode ORSTOM

La pluie décennale est une précipitation rencontrée au moins une fois sur 10 ans. Elle a pour conséquence de créer une crue décennale qui n'est rien d'autre qu'une Montée des eaux avec débordement en lit majeur. La méthode d'ORSTOM consiste donc à déterminer le volume ruisselé,

le temps de montée et de base, pour les bassins en zone sahélienne et en zone tropicale sèche. Cette méthode considère le bassin versant comme une entité homogène en ce qui concerne les apports pluviométriques et les caractéristiques physiques. Bien que, dans de nombreux cas, l'aménageur s'intéresse essentiellement au débit maximum, la méthode proposée permet d'estimer le volume ruisselé ainsi que les temps de montée et de base, paramètres indispensables à la conception de certains aménagements : retenues, réservoirs, contrôle de zones d'épandage, etc.

Etant donné que notre bassin versant est dans une zone composée de deux climats (Soudano-sahélien) dont l'un est sahélien et l'autre soudanien, nous avons décidé d'utiliser les conditions climatiques purement sahéliennes avant de rester davantage dans les conditions les plus drastiques.

a. Détermination de la précipitation décennale ponctuelle journalière P_{10}

Elle peut se déterminer de deux manières différentes, soit par interpolation, soit par analyse fréquentielle des données pluviométriques de la station la plus proche du bassin versant.

➤ **Première méthode : Calcul de P_{10} par interpolation linéaire.**

La méthode consiste à utiliser la carte d'isohyètes du bulletin FAO 54, relative aux précipitations journalière décennales (figure suivante). Ainsi la pluie journalière ponctuelle décennale est estimée d'après la latitude et la longitude du site. Les isohyètes des pluies journalières de fréquences décennales (P_{10} en mm) utilisées pour l'interpolation sont les suivantes : 90 et 100 tel que :

$$90 < P_{10} < 100$$

Les mesures effectuées sur la carte des isohyètes donnent les distances (cm) suivantes :

$100 - P_{10}$	→	0.1 cm	→	$P_{10} = 100 - (100 - 90) * (0.1/0.65)$
$100 - 90$	→	0.65 cm	→	

Après calcul on obtient $P_{10} = 98.46mm$

➤ **Deuxième méthode : Calcul de P_{10} par analyse fréquentielle des pluies.**

Les données pluviométriques sont celles de la station de la station synoptique de Ouagadougou présentant les pluies journalières (1962-2001). Un ajustement à l'aide de la loi de Gumbell a permis d'obtenir une précipitation journalière décennale telle que :

$$P_{10} = 108.81mm$$

Valeur retenue

$$P_{10} = 108.81mm$$

b. Détermination de la hauteur de précipitation moyenne annuelle \bar{P}_{an} (mm)

Les données pluviométriques de la station synoptique de Ouagadougou présentent les pluies annuelles (1962-2001). Un ajustement à l'aide de la loi de Gauss a permis d'obtenir une précipitation moyenne annuelle telle que :

$$\bar{P}_{an} = 790 \text{ mm}$$

c. Calcul du coefficient d'abattement A

C'est un coefficient qui permet de calculer la pluie moyenne décennale sur le bassin versant. Nous pouvons la calculer soit par utilisation d'une formule, soit par utilisation d'un abaque

➤ **Première méthode : Utilisation de la formule.**

L'équation Simplifiée de Vuillaume (1974) permet de calculer le coefficient d'abattement :

$$A = 1 - \left[\frac{(161 - 0,042\bar{P}_{an})}{1000} \log S \right] = 1 - \left[\frac{(161 - 0,042 \cdot 790)}{1000} \log 18,08 \right] = 0,84$$

\bar{P}_{an} = pluie moyenne annuelle en (mm).

S = Superficie du bassin versant en (Km²).

➤ **Deuxième méthode utilisation de l'abaque du bulletin FAO 54 (figure suivante)**

Elle consiste en une simple lecture sur l'abaque, cette permet d'obtenir la suivante :

$$A = 0,837 \quad \text{soit } A \approx 0,84 \quad \text{Valeur retenue} \quad A = 0,84$$

d. Calcul de la précipitation décennale moyenne sur le bassin P_{m10} en (mm)

La pluie moyenne sur le bassin versant P_{m10} est obtenue en multipliant la hauteur de précipitation journalière ponctuelle décennale P_{10} par le coefficient d'abattement A :

$$P_{m10} = A \times P_{10} = 0,84 \cdot 98,46$$

$$P_{m10} = 82,64 \text{ mm}$$

P_{m10} = Précipitation décennale moyenne

A = coefficient d'abattement

P_{10} = Précipitation journalière décennale (CIEH 1985)

e. Coefficient de ruissellement K_{r10}

Le coefficient de ruissellement décennale est fonction de l'infiltrabilité du bassin versant, de la surface du bassin versant et de l'indice globale de pente (Ig) ou de l'indice global de pente corrigé (Igor). L'estimation de K_{r10} est faite par interpolation linéaire entre les valeurs de K_{r70} et K_{r100} . Notre bassin versant est de la classe **RI**.

Situé en **zone sahélienne**, avec une superficie **S > 10Km²** et **Igor = 4,47**

Calcul K_{r70} pour $P_{10} = 70\text{mm}$,

$$K_{r70} = \frac{a}{(S+b)} + c$$

S = 18.08km² et pour $I_{gcor} = 7\text{m/Km}$, en zone sahélienne. La lecture des abaques donne les valeurs suivantes :

Tableau 57 : Classe d'Infiltrabilité P10= 70mm

infiltrabilité	Ig	A	b	C
RI	7	239	17.7	14.5

Source bulletin FAO 54

$$K_{r70} = \frac{239}{(18.08 + 17.7)} + 14.5 \quad \text{donc} \quad K_{r70} = 21.18\%$$

Calcul K_{r100} pour $P_{10} = 100\text{mm}$,

$$K_{r100} = \frac{a}{(S+b)} + c$$

S = 18.08km² et pour $I_{gcor} = 7\text{m/Km}$, en zone sahélienne, la lecture des abaques nous donne les valeurs suivantes :

Tableau 58 : Classe d'Infiltrabilité P10 = 100mm

infiltrabilité	Ig	A	b	C
RI	7	300	20	15

Source bulletin FAO 54

$$K_{r100} = \frac{300}{(18.08 + 20)} + 15 \quad \text{donc} \quad K_{r70} = 22.88\%$$

Déterminons enfin le coefficient K_{r10} par extrapolation

P10 (mm) K_{r10} (%)

108.81 \longrightarrow K_{r10}

100 \longrightarrow **22.88** \longrightarrow

70 \longrightarrow 21.18

$$K_{r10} = 22.88 - (22.88 - 21.18) * ((100 - 98.46) / (100 - 70))$$

Le résultat du calcul donne la valeur **$K_{r10} = 23.38\%$**

f. Temps de base T_{b10}

C'est le temps compris entre le début et la fin du ruissellement rapide. Ce temps dépend de la surface du bassin versant, de la zone climatique de l'indice global de pente et de l'infiltrabilité

Igcor = 4.47m/km

Pour Igcor = 7m/km et Pour S > 6km², le temps de base est obtenu par la formule suivante :

$$Tb_{10} = a * S^{0.35} + b$$

$$= 126 * 18.08^{0.35} + 100$$

Tb₁₀ = 447.05 mn

Tableau 59: Calcul du temps de montée

S (km ²)	a	b	Tb ₁₀ (mn)
18.08	126	100	447.05

g. Temps de monté T_{m10}

C'est le temps qui s'écoule entre le début du ruissellement et le maximum de la crue. Il dépend de la surface du bassin versant et la zone climatique :

Igcor = 4.47m/km

$$Tm_{10} = a * S^{0.35} + b$$

$$= 32 * 18.08^{0.35} + 23$$

Tableau 60: Calcul du temps de montée

S (km ²)	a	b	Tm ₁₀ (mn)
18.08	32	23	111.14

h. Débit de pointe correspondant au ruissellement retardé est donné par la relation suivante

Le débit de pointe de ruissellement superficiel de la crue décennale est calculé avec la formule suivante :

$$Qr_{10} = A * P_{10} * Kr_{10} * \alpha_{10} * \frac{S}{Tb_{10}}$$

Avec :

Qr₁₀ : débit de pointe décennal en m³/s

α₁₀: coefficient de pointe décennal

P₁₀ : précipitation décennale ponctuelle journalière, en mm

S : superficie du bassin versant en km²

T_{b10} : temps de base en min

Kr₁₀ : coefficient de ruissellement pour une précipitation décennale

A : coefficient d'abattement

$$Q_{r10} = 0.84 * 108.81 * 23.38 * 2.6 * \frac{18.08}{447.05}$$
$$Q_{r10} = 37.41 \text{ m}^3/\text{s}$$

i. Débit de pointe décennale.

Le débit de pointe dû au ruissellement est majoré du débit d'écoulement retardé pour estimer le débit de pointe maximal total décennal.

En zone sahélienne et pour un bassin versant les petits bassins versant relativement imperméable, la formule est la suivante :

$$Q_{10} = 1,05 * Q_{r10} \quad \text{dont} \quad Q_{10} = 39.29 \text{ m}^3/\text{s}$$

I.4.1. Méthode CIEH

En 1983, Puech et Chabi-Gonni ont proposé une méthode statistique, connue depuis sous le nom de méthode **CIEH** et basée sur 162 bassins versants dont l'origine vient essentiellement du recueil de Oubreuil (1972) sur les bassins expérimentaux.

La formulation retenue pour retrouver l'expression du débit de pointe Q_{10} est basée sur

Un schéma de régression multiple et se présente sous la forme :

$$Q_{10} = a.S^S.P_{an}^P.I_g^i.K_{r10}^k.D_d^d \quad \text{où,}$$

Q_{10} : débit de crue décennal en m^3/s

S : superficie du bassin versant en km^2

I_g : Indice globale de pente en m/km

P_{an} : Pluie annuelle moyenne en mm

D_d : densité de drainage en km^{-1}

A : coefficient d'abattement

a, s, p, i, k, d, \dots sont des coefficients à déterminer en fonction de la pluviométrie, des coordonnées géographiques (longitude et latitude) et du découpage par pays ou groupes de pays.

Pour choisir les équations, on sélectionne en priorité celles qui montrent des valeurs élevées de (r^2) en favorisant les échantillons pour lesquels (n) est élevé.

Tableau 61: calcul crue décennale CIEH

Equation	39	40	42	44	10
Q ₁₀ (m ³ /s)	25,14	23,80	25,79	31,20	13,82
Moyenne (m ³ /s)	23,95				

$$Q_{10} = 26,48 \text{ m}^3/\text{s}$$

I.4.2. Crue du projet.

La crue du projet est la crue contre laquelle l'on choisit de protéger les ouvrages projetés sur le site (Compaoré M.L. 1996). Il s'agit donc de la crue qui servira de base au dimensionnement de tous les ouvrages hydrauliques.

La plupart des études concernant le passage de la crue décennale à la crue du projet propose une relation linéaire. Cette relation dite méthode du Gradex permet de maximiser la sécurité de l'ouvrage. Elle s'exprime ainsi :

$$Q_{100} = C * Q_{10} \quad \text{avec} \quad C = 1 + \frac{P_{100}-P_{10}}{P_{10}} \times \frac{(T_{b10}/24)^{0.12}}{Kr_{10}}$$

$$\frac{P_{100}-P_{10}}{P_{10}} = 0,45 \text{ (zone sahélienne)}$$

T_{b10} = Temps de base (h)

Kr₁₀ = coefficient de ruissellement

C = coefficient de majoration

Les méthodes ORSTOM et CIEH donnent les valeurs bien de débit centennal bien différente.

Cependant ? dans le souci de garantir la sécurité de l'ouvrage, nous retenons la plus élevée pour le calcul du débit de crue du projet. Ainsi le tableau suivant présente cette valeur.

Tableau 62 : Crue décennale ORSTOM

Débit décennale	ORSTOM	CEIH	Valeur retenue
Q ₁₀ (m ³)	39,29	26,48	39.29

Le calcul du coefficient de majoration (C) ainsi que celui du débit de crue du projet sont récapitulés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 63:Crue centennale.

Calcul du débit Centennal Q_{100}			
(P100-P10)/P10	Tb10(h)	Kr10	Coef (C)
0,45	7,45	0,23	2,67
Q_{100} (m3/s)			105.01

$Q_{\text{projet}} = 105.01 \text{ m}^3/\text{s}$

I.4.3. Hydrogramme de crue.

L'hydrogramme de crue est un graphique sur lequel on peut lire la variation du débit en fonction du temps pendant une crue.

Pour intégrer tous les paramètres constitutifs de l'hydrogramme, la méthode CIEH recommande de le bâtir en 3 tronçons linéaires conformément au graphique ci-dessous.

- Temps de base $T_b = 447.05\text{mn}$
- Temps de montée $T_m = 111.14 \text{ mn}$
- Calcul du débit de discontinuité (Q_d) : C'est le débit à partir duquel s'effectue la pente de la décrue change. La formule suivante permet de calculer Q_d

$$\frac{Q_d}{Q_{\text{projet}}} = \frac{2}{\alpha_{10}} * \frac{T_b - \alpha_{10} * T_m}{T_b - 2 * T_m}$$

Après calcul nous obtenons **$Q_d = 56.81 \text{ m}^3/\text{h}$**

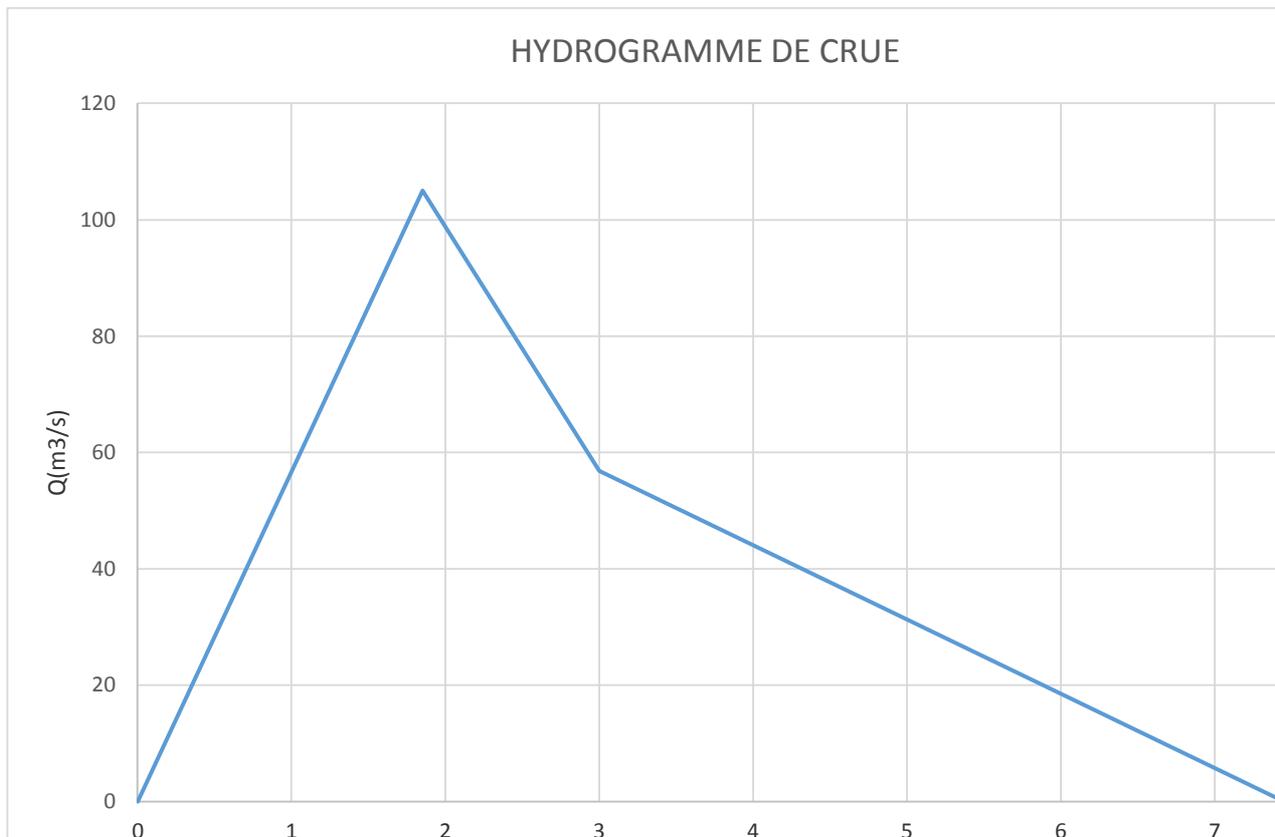


Figure 15: Hydrogramme de crue

La première partie de la décrue est constituée par le symétrique de la montée jusqu'au débit Q_d , débit partie duquel la dernière droite de la décrue prend son origine et rejoint la durée t_b lorsque le débit s'annule.

III.3 Evaluation des apports en eau.

Les volumes des apports liquides annuels du bassin-versant au droit du barrage sont estimés de la manière suivante :

$$V = Ke \times S \times P \quad \text{Avec}$$

P : Pluviométrie annuelle(mm)

S : Superficie du bassin versant (Km²)

Ke: Coefficient d'écoulement.

➤ **Le Déficit d'écoulement (formule de Coutagne)**

$$D = P - \lambda P^2 \text{ et } \lambda = \frac{1}{0.8 + 0.14T}$$

$$\lambda = 0.21$$

$$P : \text{pluie moyenne annuelle (m)} = 0.790 \text{ m} \in \left[\frac{1}{1.8\gamma} ; \frac{1}{2\gamma} \right] = [0.6; 2.38]$$

$$T : \text{température moyenne annuelle} = 35.2 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$D = 681.17 \text{ mm}$$

➤ **Coefficient d'écoulement Ke** $Ke = \frac{P-D}{P} = 13.78\%$

D'après l'ONBAH on a :

$$Ke_5 = 0,70 Ke \quad \text{soit} \quad Ke_5 = 9.64\%$$

$$Ke_{10} = 0,5Ke \quad \text{soit} \quad Ke_{10} = 6.89\%$$

Tableau 64 : calcul des apports liquides.

No	Apports liquides	Ke	Pluie (mm)	Volume (m3)
1	Année moyenne	13,5%	0,79	1928232
4	Année décennale sèche	9,64%	0,6	1376900,48
5	Année quinquennale sèche	6,89%	0,66	984112,48

III.4. Evaluation des besoins en eau des cultures.

Hypothèses

Besoins pastoraux :

- ✚ Gros bétail 1548 pour une consommation de 40 l/jr/hab
- ✚ Petits ruminants 4645 pour une consommation de 10 l/jr/hab

Besoins agricoles :

- ✚ Oignons sur 4.4ha
- ✚ Efficience 0.6

Besoins humains :

- ✚ Durée du projet 20ans.
- ✚ Population : 10635 à l'horizon du projet pour une consommation de 40 l/jr/hab

Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau suivant. Les calculs détaillés se trouvent e

Tableau 65 : données de base pour le calcul de l'évaporation

SERVICE METEOROLOGIQUE													
EVAPORATION BAC (mm) Période (1968-1996)													
STATION DE OUAGADOUGOU AERO													
Année	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Total
1968	261,7	287,4	329,6	296,4	293,3	224,0	186,2	202,3	167,7	231,5	231,2	240,6	2 951,9
1969	274,7	278,4	349,0	334,0	384,8	257,3	210,2	**	183,8	194,6	217,0	226,8	2 910,6
1970	257,8	271,2	336,1	348,8	333,1	276,0	221,9	138,5	151,9	217,8	235,9	241,3	3 030,3
1971	255,1	259,5	314,0	340,8	326,5	**	230,4	**	168,6	232,1	226,8	219,3	2 573,1
1972	252,3	299,7	338,6	292,8	275,9	245,9	208,4	170,6	**	231,9	231,1	231,4	2 778,6
1973	274,5	**	341,9	325,1	330,7	264,6	226,2	176,9	188,2	247,0	274,2	232,6	2 881,9
1974	246,6	281,2	338,6	354,1	347,4	307,2	206,5	184,7	173,8	217,1	246,3	252,1	3 155,6
1975	257,6	253,4	336,9	347,4	325,2	305,6	197,2	175,9	166,7	235,8	240,9	263,5	3 106,1
1976	238,8	276,7	333,6	327,7	301,0	222,0	217,2	162,5	153,1	169,8	222,8	238,7	2 863,9
1977	256,6	270,8	327,5	330,7	314,0	244,9	**	184,0	170,8	226,6	239,3	**	2 565,2
1978	284,1	281,5	356,3	280,1	268,5	231,4	194,3	176,6	166,6	213,7	238,2	226,6	2 917,9
1979	257,6	262,6	329,3	339,6	**	219,6	202,0	168,0	143,2	202,0	**	**	2 123,9
1980	**	302,7	377,6	**	**	234,3	218,7	**	202,7	**	**	244,4	1 580,4
1981	261,8	305,8	335,8	318,7	284,7	276,7	185,8	173,2	178,5	231,6	252,8	237,9	3 043,3

ETUDE TECHNIQUE D'AVANT-PROJET DETAILLE DU BARRAGE DE DAWANEGOMDE PROVINCE DE KADIOGO, BURKINA FASO

1982	253,2	249,1	296,4	300,9	273,1	223,2	206,4	156,0	191,4	209,3	235,5	233,2	2 827,7
1983	280,3	281,1	347,1	339,0	315,0	231,1	**	**	**	246,5	245,0	228,3	2 513,4
1984	237,6	271,3	308,1	323,9	302,5	246,1	232,8	210,8	176,7	204,4	226,3	229,7	2 970,2
1985	262,4	284,4	324,3	334,3	331,5	296,9	210,8	197,4	177,6	227,9	241,1	259,6	3 148,2
1986	249,2	263,9	318,8	353,2	310,1	273,0	181,2	168,1	163,2	226,6	208,6	240,5	2 956,4
1987	235,6	261,5	311,5	357,0	365,6	**	226,1	176,0	**	201,8	230,8	236,7	2 602,6
1988	231,1	274,9	349,5	286,5	309,0	222,7	168,3	161,3	162,3	227,4	215,6	232,2	2 840,8
1989	262,6	267,6	293,6	332,2	355,2	274,5	199,2	160,0	179,5	189,0	240,8	227,4	2 981,6
1990	234,4	272,6	371,5	314,8	319,1	232,0	192,0	**	185,7	243,7	241,6	235,6	2 843,0
1991	270,6	255,1	323,1	306,9	224,9	212,2	187,6	161,9	195,9	220,2	226,3	238,5	2 823,2
1992	246,8	302,1	333,4	347,8	299,1	254,0	224,6	173,7	184,4	228,0	226,4	250,0	3 070,3
1993	268,1	281,6	365,0	350,7	376,9	265,2	210,5	183,4	168,4	224,6	206,8	240,9	3 142,1
1994	252,4	245,2	296,2	316,4	286,1	**	191,2	143,8	157,7	163,3	207,0	243,4	2 502,7
1995	250,6	283,1	355,5	315,5	317,0	268,3	205,0	186,0	178,5	218,3	245,0	251,3	3 074,1
1996	271,6	280,0	355,1	306,6	328,1	249,0	231,7	180,0	177,4	229,4	241,1	247,7	3 097,7
SERVICE METEOROLOGIQUE													
EVAPORATION BAC (mm) Période (1997-2011) suite													
STATION DE OUAGADOUGOU AERO													

ETUDE TECHNIQUE D'AVANT-PROJET DETAILLE DU BARRAGE DE DAWANEGOMDE PROVINCE DE KADIOGO, BURKINA FASO

Année	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Total
1997	263,6	277,8	338,1	282,1	299,2	241,1	232,8	177,3	181,7	241,9	248,0	252,7	3 036,3
1998	255,6	296,7	370,5	352,7	300,2	261,8	212,8	164,5	175,2	227,1	254,9	243,1	3 115,1
1999	259,5	253,2	367,0	361,9	332,6	315,8	210,0	152,5	147,3	217,2	242,9	**	2 859,9
2000	276,9	324,6	386,2	358,8	320,5	265,0	188,7	173,9	198,4	228,2	255,0	261,3	3 237,5
2001	277,5	315,8	367,2	369,1	328,0	249,9	221,2	174,6	176,9	241,3	258,3	284,0	3 263,8
2002	315,0	295,7	356,7	337,6	333,3	273,3	231,5	184,5	197,6	211,8	256,4	285,9	3 279,3
2003	279,0	278,1	356,5	331,4	324,2	202,2	197,9	155,5	153,9	197,3	224,4	248,6	2 949,0
2004	256,9	295,7	346,6	309,3	301,9	262,6	197,9	171,1	173,1	225,0	253,3	259,4	3 052,8
2005	286,5	316,5	348,0	313,6	312,2	241,9	202,1	169,8	158,6	215,1	234,3	264,6	3 063,2
2006	259,5	276,6	361,1	337,9	309,7	269,0	224,2	150,0	168,1	198,3	265,7	251,3	3 071,4
2007	279,3	267,2	347,4	294,0	295,4	268,9	190,5	133,7	134,9	234,5	226,2	246,3	2 918,3
2008	247,5	286,0	337,7	342,1	290,6	233,8	182,9	161,0	141,6	213,7	223,8	252,7	2 913,4
2009	246,9	265,9	339,2	322,3	310,2	262,7	210,1	166,3	165,4	221,1	222,7	240,2	2 973,0
2010	246,5	274,1	332,3	0,0	279,3	199,9	188,2	165,1	147,7	179,3	204,9	219,8	2 437,1
2011	229,2	251,7	343,3	346,3	294,8	0,0	181,8	161,3	178,4	221,6	247,2	249,5	2 705,1

➤ Calcul détaillé des besoins en eau de l'oignon.

Les besoins nets ont été estimés à partir de la pluie efficace (Pe), du coefficient cultural et de l'évapotranspiration de référence. Le logiciel CROPWAT 8.0 de la FAO a été utilisé pour la détermination des coefficients culturaux.

Ces formules se présentent comme suit :

➤ **Pe (mm) = 0,8*P** si $P \geq 20$ mm et **Pe (mm) = P** si $P < 20$ mm avec P = pluviométrie moyenne mensuelles.

➤ **$B_n = K_c \cdot ET_0 - P_e$ et $B_b = B_b/E$.**

a. Evaluation des besoins en eau pastoraux

Les besoins en eau pastoraux ont été estimés à partir du nombre de bétail à desservir et de la consommation qui est de 30 litres/jour/UBT. La population d'UBT a été actualisée à l'aide de la formule suivante :

$P_n = P_0 (1 + T_x)^n$

Avec : P_n = population à l'échéance du projet, P_0 = population initiale, n = nombre d'année, T_x = taux d'accroissement.

Tableau 66: Calcul des besoins en eau

Oignon												
Mois	Janvier	Fevrier	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Decembre
Eto(mm)	184,59	184,60	202,93	188,39	184,12	152,28	135,67	125,68	137,53	169,32	169,33	178,28
Kc (CROPWAT; FAO 8.0)	1,05	0,98									0,63	0,95
ETM(mm)	193,82	180,91									106,68	169,36
P(mm)	0,10	1,67	11,66	50,11	143,77	202,43	371,25	454,38	274,94	62,94	2,92	0,88
Pe (mm)	0,10	1,67									2,92	0,88
ETM-Pe (mm)	193,72	179,24									103,76	168,49
Besoin journalier(mm)	6,25	6,40									3,46	5,44
Efficiencie	0,6	0,6									0,6	0,6
Besoin en brut jr (m3/ha)	99,99	102,42									55,34	86,96
Besoin humains jr (m3)	437	437	437	437	437	437	437	437	437	437	437	437
Besoin du cheptel jr	108,3	108,3	108,3	108,3	108,3	108,3	108,3	108,3	108,38	108,38	108,38	108,38

ETUDE TECHNIQUE D'AVANT-PROJET DETAILLE DU BARRAGE DE DAWANEGOMDE PROVINCE DE KADIOGO, BURKINA FASO

(m3)	8	8	8	8	8	8	8	8					
	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	

Besoins en eau jr totaux(m3)	644,96	647,40	544,97	544,97	544,97	544,97	544,97	544,97	544,97	544,97	544,97	600,31	631,93
Evap retenue (mm)	190,37	205,13	248,74	227,61	222,93	175,89	148,34	124,08	125,53	159,17	171,90	179,80	
Infiltration (mm)	77,50	70,00	77,50	75,00	77,50	75,00	77,50	75,00	77,50	75,00	77,50	75,00	

Tableau 67: calcul du débit maximum de pointe

Mois		Janvier	Février	Novembre	Décembre
Débit fictif continu : DFC = Bb*1000/(nb*24*3600)	l/s/ha	0.04	0.04	0.02	0.03
Débit maximum de pointe : DMP = Bb*1000/(nj*nh*3600)	l/s/ha	0.09	0.01	0.01	0.08

➤ Simulation de la retenue.

Détermination de la surface aménageable est fonction est fonction de la simulation de la retenue. Car la simulation a été faite en ne prenant en compte que les besoins en eau agricole compte tenue de la vocation de du barrage. Ainsi le tableau suivant présente la simulation de la retenue.

Tableau 68: simulation de la retenue

ETUDE TECHNIQUE D'AVANT-PROJET DETAILLE DU BARRAGE DE DAWANEGOMDE PROVINCE DE KADIOGO, BURKINA FASO

Evap retenue (mm)	190,37	205,13	248,74	227,61	222,93	175,89	148,34	124,08	125,53	159,17	171,90	179,80		
Infiltration (mm)	77,50	70,00	77,50	75,00	77,50	75,00	77,50	75,00	77,50	75,00	77,50	75,00		
Périodes	Début période		Volume Infiltré			Volume Évaporé			Humains	Irrigation	Pastoral	Fin de période		Surface(ha)
	Niveau du plan d'eau	Volume correspond	Haut d'eau perdue (mm)	Nouveau niveau	Volume correspond	Haut d'eau perdue (mm)	Nouveau niveau	Volume correspond	Volume prélevé	Volume consommé en m3	Volume consommé en m3	Volume	Niveau	
Novembre	339,75	244 862,38	62,00	339,69	220 048,55	171,90	339,52	151 250,18	13 097,94	7304,74	13 005,05	143 945,44	339,50	4,4
Décembre	339,50	143 945,44	60,00	339,44	128 385,53	176,90	339,26	82 509,73	13 534,54	11478,76	13 005,05	71 030,97	339,19	
Janvier	339,19	71 030,97	62,00	339,13	61 852,13	184,60	338,94	38 391,85	13 534,54	13198,21	13 005,05	25 193,64	338,78	
Février	338,78	25 193,64	56,00	338,72	21 769,70	185,10	338,54	14 071,36	12 224,75	13519,77	13 005,05	551,58	337,72	

III.5. Pertes dû aux dépôts solide.

L'envasement de la retenue est dû aux apports solides provenant de divers types de sols transportés par l'eau de ruissellement. Les apports solides sont déterminés par les formules de GOTTSCHALK et de GRESILLON (GRESILLON J.M. 1976).

➤ Formule de GOTTSCHALK

$$D = 260 \times S^{-0,1} \quad \text{et} \quad V = D \times S$$

D = dégradation spécifique

S = superficie du bassin versant (km²)

V = apports solides

➤ Formule de EIER - CIEH (GRESILLON)

$$D = 700 * \left(\frac{P}{500} \right)^{-2.2} * S^{-0.1}$$

D : dégradation spécifique annuelle (m³/km²/an)

S : superficie du bassin versant (km²)

V : volume annuel de dépôts solides (m³/an)

P = pluviométrie moyenne annuelle(mm)

Tableau 69:Formule de EIER - CIEH (GRESILLON)

Formule	GOTTSCHALK	EIER - CIEH (GRESILLON)	Valeur moyenne
D(m3/an/Km2)	194,65	191,57	193,11
D(m3/an)	3519,26	3463,63	3491,45

ANNEXE IV : ETUDE DE LA DIGUE ET DES OUVRAGES ANNEXES

IV.1 LA TRANCHEE D'ANCRAGE ET D'ETANCHEITE.

➤ **Tranché d'ancrage et coefficient de LANE**

Au contact d'un ouvrage rigide, les infiltrations sous l'ouvrage sont prédictibles à sa pérennité. C'est pourquoi on cherche à allonger les circulations de l'eau en adjoignant des parafoilles. Source : **Moussa Lo, Cours de barrage2016**

$$\sum L_v + \frac{1}{3} L_H = C H$$

Avec : L_v : Longueur des cheminements verticaux (m)

L_h : Longueur des cheminements horizontaux (m)

H : hauteur d'eau en amont du déversoir (m)

C : Coefficient qui dépend de la nature du terrain

➤ **Vérification du respect de la règle de LANE**

Tableau 70: VERIFICATION DE LA REGLE DE LANE

VERIFICATION DE LA REGLE DE LANE					
Profils	Profondeur P(m)	Lv(m)	Lv + Lh/3	C*H	(Lv + Lh/3) ≥ C*H
N°4-N°12; N°66-N°37; N°69-N°81	0,5	1	7,17	8,25	Non vérifiée
N°12-N°17; N°25-N°26 N°37-N°39, N°59-N°55	1	2	8,17	8,25	Non vérifiée

*ETUDE TECHNIQUE D'AVANT-PROJET DETAILLE DU BARRAGE DE DAWANEGOMDE
PROVINCE DE KADIOGO, BURKINA FASO*

N°17-N°18	1,2	2,4	8,57	8,25	OK
N°18-N°25	1,5	3	9,17	8,25	OK
N°39-N°44; N°51-N°55	2	4	10,17	8,25	OK
N°44-N°45	2,5	5	11,17	8,25	OK
N°45-N°51	3	6	12,17	8,25	OK

IV.2. Choix du type de la digue.

La topographie d'un site influence fortement sur le choix du type de barrage. Le site choisi pour le barrage de Dawanegomdé présente un relief faible, et la cuvette très peu étroite. Les études de sols réalisées sur le site et ses environs ont révélés la disponibilité de matériau d'importante quantité en rive gauche à 365m de l'axe de la digue. Ce matériau constitué d'argile présente les qualités requises pour obtenir après compactage les conditions d'étanchéités et de stabilité suffisante pour une digue homogène. Ainsi le choix d'un barrage en terre s'impose de lui-même. La topographie et la disponibilité du matériau de qualité et d'une grande quantité non loin du site nous ont orienté vers le choix d'un barrage en terre avec digue homogène. Cette disponibilité de matériaux facilitera l'exécution et permettra de réaliser les économies sur le projet. Le corps du barrage sera constitué d'une digue en terre compactée qui sera munie d'un dispositif de drainage, d'une protection des talus avec des enrochements contre les effets des vagues et de l'érosion due aux animaux.

1. Calage de la côte crête de la digue.

Le volume d'eau à retenir dans la cuvette du barrage, des contraintes topographiques et l'enveloppe financière disponible sont les facteurs très déterminants pour le choix du calage de la crête d'une digue.

Compte tenu du faible encaissement de la cuvette, la digue sera calée à la côte maximale donnée par le plan topographique et permettant de retenir le maximum d'eau.

Pour ce faire, la digue du barrage sera calée la côte relative 340,75.

En calant l'ouvrage à cette coté, cela nous permet d'éviter l'inondation du marché de Dawanegomde situé tout près du site du futur barrage.

Le barrage doit être disposer en sorte que ses extrémités se raccordent à la courbe de niveau correspondant à la cote crête.

2 Hauteur maximale de la digue.

C'est la différence entre la coté la plus basse de l'exutoire et la coté crête du TN.

La côte la plus basse du terrain naturel le long de l'axe de la digue au droit du marigot est de 337

La hauteur maximale de la digue sera de :

Hauteur maximale de la digue (H_d).

Tableau 71: Hauteur maximale de la digue (H_d).

Côte digue	Côte TN	Hauteur max (m)
340,75	337,00	3,75

3. Largeur en crête de la digue (l_c).

Cette largeur doit être suffisante pour permettre la circulation des engins lors de des travaux de finitions et aussi pour l'entretien de l'ouvrage dans un avenir futur.

Les formules suivantes permettent de calculer la largeur en crête (l_c) de la digue :

- formule 1 (Knappen) : $l_c = 1.65 * \sqrt{H_d} = 1.65 * \sqrt{3.75}$
- formule 2 (ML COMPAORE) : $l_c = 3.6 * \sqrt[3]{H_d} - 3 = 3.6 * \sqrt[3]{3.75} - 3$
- formule 3 (Preece) : $l_c = 1.1 * \sqrt{H_d} + 1 = 1.1 * \sqrt{3.75} + 1$

Avec H_d : hauteur maximale de la digue (m)

Les calculs donnent par ces différentes formules les résultats suivants :

Largeur de la crête barrage

Tableau 72: Largeur de la crête barrage

	Formule 1	Formule 2	Formule 3	Moyenne
Hauteur max digue (m)	3,75			
Largeur crête (m)	3,20	2,5.9	3,13	2.97

Nous allons adopter une largeur en crête de **3,50 m**.

Cette largeur est la valeur minimale suffisante pour permettre la circulation des véhicules et des engins de terrassement, assurer la stabilité de la digue et éviter les infiltrations à travers le barrage.

4 Longueur totale du barrage.

Elle correspond à la longueur totale du barrage (digue et déversoir). Ainsi sa valeur est de 1 287,86 m.

4.1 Largeur de la fondation L_f .

Elle a été calcul par la formule suivante :

$$L_f = l_c + \frac{H_d}{\tan\alpha_1} + \frac{H_d}{\tan\alpha_2}$$

Avec :

L_f (m): Largeur de la fondation ; l_c (m): Largeur en crête ; H_d (m): Hauteur de la digue ; α : Angle de talus.

$$L_f = 3.5 + \frac{7.5}{0.5} + \frac{7.5}{0.5} = 18.5\text{m}$$

5. Pentés des talus de la digue.

Les pentes des talus sont fixées par les conditions de stabilité mécanique du massif et de ses fondations.

Les pentes ont été fixées en tenant compte des caractéristiques géotechniques et de la nature des matériaux de construction de la digue.

Pour un barrage en terre homogène, les pentes 2H/1V à l'aval et 2H/1V à l'amont sont admises pour les digues de hauteurs inférieures ou égales à 5m.

(Source : Technique des petits barrages en Afrique sahélienne et équatoriale. Page 163)

Tableau Fruits indicatif des talus des barrages stables.

Hauteur du barrage	Type du barrage en terre	Fruit des talus	
		Amont	Aval
Inférieure à 5 m	- Homogène ou à zones	2	2
5 à 10 m	- Homogènes, granulométrie étendue	2,5	2,25
	- Homogène, à fort pourcentage d'argile	2,75	2,25
	- A noyau et recharges grossières	2,25	2
10 à 15 m	- Homogène, granulométrie étendue	2,75	2
	- Homogène, à fort pourcentage d'argile	3	2,5
	- A noyau et recharges grossières	2,5	2,25

6. Protections de la crête.

La couche supérieure du remblai en crête de la digue sera constituée de matériaux graveleux latéritiques, soigneusement sélectionnés compactés dans le but d'opposer la meilleure résistance aux agents atmosphériques.

Cette couche aura une épaisseur de 0,20 m et sera compactée à 95% de l'Optimum Proctor Normal (OPN).

La crête de la digue aura une pente transversale de 3% vers l'amont afin de conduire les eaux de ruissellement vers ce talus qui sera protégé avec du perré sec, ce qui constitue le parcours de ruissellement le plus court et le plus protégé, donc le risque d'érosion le plus faible.

Afin de lutter contre la dégradation due aux griffures d'érosions, les murettes de crête seront construites en maçonnerie de moellons de 0,40 m de largeur et 0,40 m de profondeur, sur la crête aval de la digue.

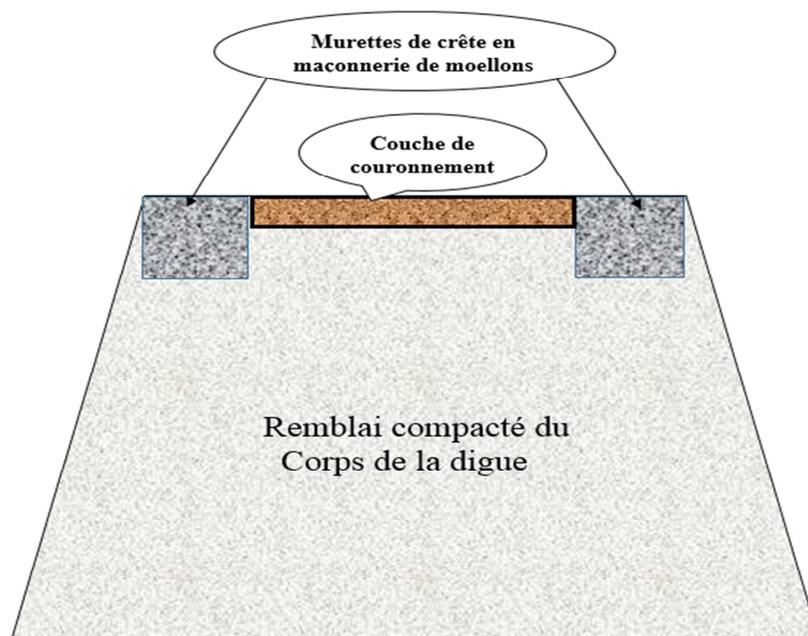


Figure 16: Protection des pentes et de la crête.

7. Protection du talus amont.

Le talus amont sera protégé contre le battillage par une couche de perré sec en enrochement de moellons latéritiques ou granitiques de 0,25 m d'épaisseur, soigneusement rangés à la main et destinés à éviter que les matériaux terreux qui constituent le barrage ne soient érodés par les vagues qui se forment notamment dans la partie supérieure de la retenue sous l'action du vent.

Les enrochements seront posés sur une couche de pose de grave latéritique d'une épaisseur de 0,10 m qui jouera le rôle de filtre inverse.

Le pied amont de la digue sera protégé par une butée de pied amont, ouvrage triangulaire en enrochements, de 1,50 m de largeur en gueule et 0,50 m de profondeur.

De part et d'autre du déversoir, le perré sera maçonné sur une largeur de 5 m car ces zones sont les plus sensibles à l'action érosive des eaux.

8. Protection du talus aval.

Afin de lutter contre l'action érosive de l'eau, celle des animaux et du vent et de tenir compte des changements climatiques, le talus aval sera également protégé par une couche de perré sec constituée d'enrochements latéritiques ou granitiques de 0,25 m d'épaisseur soigneusement posés à la main sur une couche de pose de grave latéritique d'une épaisseur de 0,10 m.

Un fossé drain sera aménagé au pied du talus pour collecter les eaux pluviales et les eaux d'infiltration en provenance du corps de la digue. Il sera revêtu en enrochements soigneusement rangés à la main.

C'est un ouvrage triangulaire comme la butée de 1,50 m de largeur en gueule et 0,50 m de Profondeur.

9. Infiltration dans le corps de la digue et de la fondation.

Malgré les efforts du compactage, la perméabilité dans un barrage en terre existe toujours. En effet, l'eau ne manque jamais de se frayer un chemin. Certes, les pertes d'eau par infiltration sont minimales mais elles sont capables de remettre en cause la stabilité de l'ouvrage avec des conséquences énormes. D'où l'importance d'étudier et de prévenir les infiltrations.

Ainsi pour déterminer ces infiltrations, il est impératif d'évaluer les éléments suivants :

- La ligne de saturation ou phréatique,
- Le débit de fuite de l'eau par infiltration,
- L'épaisseur du drain.

9.1. La ligne de saturation

9.1.1 Détermination de l'équation de la ligne de saturation

La ligne de saturation peut être déterminée par les différentes méthodes suivantes :

9.1.2. Le calcul numérique

Le calcul numérique est réalisé sur l'ordinateur, il peut résoudre le problème des infiltrations par le biais des programmes mis au point, afin de déterminer la position de la ligne de saturation, le potentiel hydraulique et le débit de fuite. Nous citons comme exemple NAPLIB programme de

calcul d'hydraulique souterraine mis au point en France, conjointement par l'école de Mines et le CEMAGREF (Centre du machinisme agricole du génie rural des eaux et des forêts).

9.1.3. Le modèle électrique

L'analogie électrique est basée sur le principe selon lequel le potentiel électrique est régi par la même loi que le potentiel hydraulique.

9.1.4. Le modèle graphique ou méthode simplifiée de la parabole de KOSENY

Il représente une méthode simplifiée, la plus souvent utilisée. Cette méthode donne des résultats approchés, mais en général suffisants. L'écoulement des eaux d'infiltrations dans le barrage est régi par la loi de DARCY, $V = K * i$ (K : coefficient de perméabilité en (m/s) et i : le gradient hydraulique).

9.1.4.1 Tracé de ligne de saturation

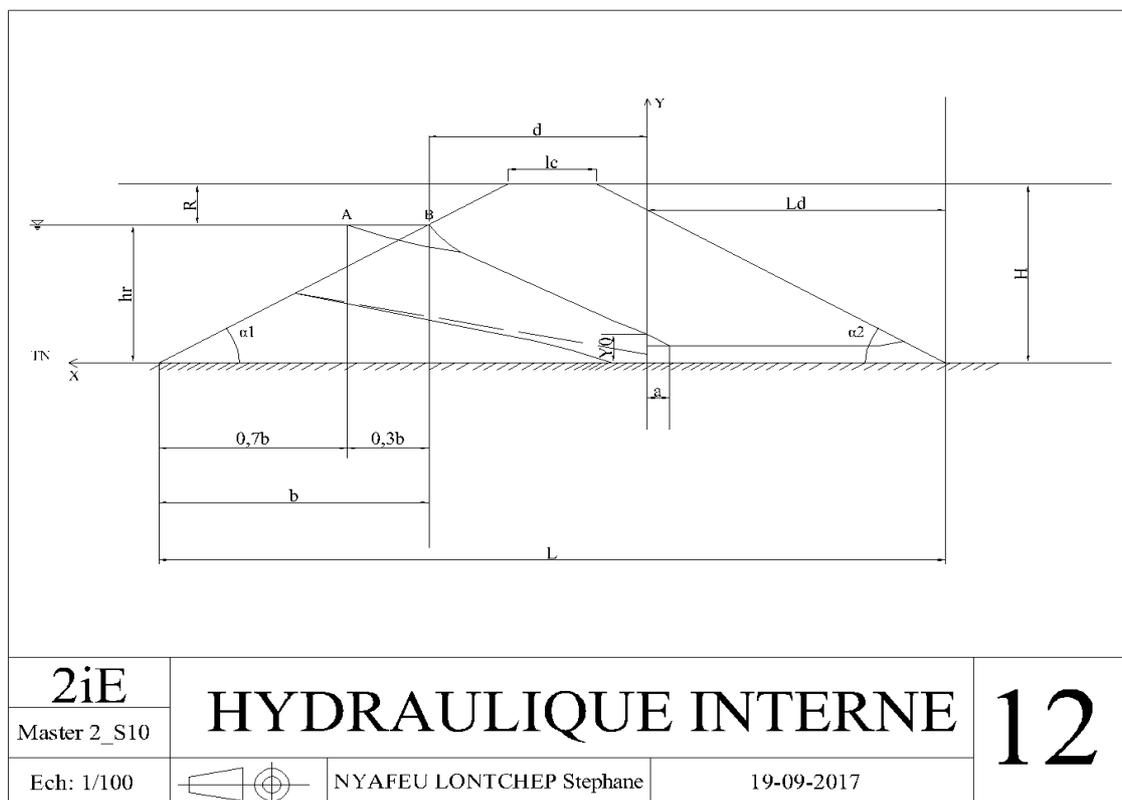
La méthode l'utilisé généralement pour les petits barrages est celle de KOZENI. Comme nous l'avons déjà dit, elle donne des résultats approchés. Dans le cas d'une digue homogène drainée, reposant sur une assise imperméable, KOSENY a montré que la ligne de saturation (ligne phréatique) est une parabole d'axe horizontal, dont le foyer est l'extrémité amont du drain, auquel se raccorde la ligne phréatique.

Elle a pour équation : $y^2 - y_0^2 - 2xy_0 = 0$

Avec : $Y_0 = \sqrt{h^2 + d^2} - d$

Les paramètres d , h , Y_0 sont représentés sur la figure suivante :

Tableau 73: Dessin de la courbe de KOZENY



A : ligne phréatique (-----)

B : parabole de KOZENY (———)

Figure : tracé de la ligne de saturation et la parabole de KOZENY.

La parabole de base coupe le plan d'eau au point A à une distance ($AB = 0.3b$). La ligne de saturation dans le massif se confond sensiblement avec la parabole de KOZENY. Pour tracer cette ligne il faut raccorder la parabole de KOZENY au point B du plan d'eau par une courbe normale au parement amont en B (voir figure).

9.1.4.2. Calcul de l'emprise de barrage

Elle est estimée par la formule suivante :

$$L = lc + H \left(\frac{1}{\operatorname{tg} \alpha_1} + \frac{1}{\operatorname{tg} \alpha_2} \right)$$

Avec

lc : largeur de la crête du barrage ($lc = 3.5$ m) ; H : hauteur totale de barrage ($H = 3.75$ m) ;
 α_1 et α_2 : les parements amont et aval : $\operatorname{tg} \alpha_1 = 1/2$ et $\operatorname{tg} \alpha_2 = 1/2$.

AN $L = 3.5 + 3.75 \left(\frac{1}{0.5} + \frac{1}{0.5} \right) = \mathbf{18.5}$ m

9.1.4.3. Calcul de la longueur du drain

Elle est estimée par la formule suivante :

$$l_d = \left(\frac{1}{3} \text{ à } \frac{1}{4} \right) * L$$

Soit $l_d = \frac{1}{3.5} * L$

Avec

L : l'emprise de barrage ;

l_d : longueur du drain.

AN : $l_d = \frac{1}{3.5} * \mathbf{18.5} = 5.29$

soit $l_d = \mathbf{5.30m}$

9.1.4.4. Calcul de (b)

C'est la projection horizontale de la ligne mouillée du talus amont. Elle est définie par la formule suivante :

$$b = (H - R) * \frac{1}{\operatorname{tg} \alpha_1}$$

Avec

H : hauteur totale de barrage ($H = 3.75$ m) ;

R : la revanche libre ($R = 1$ m) ; $\operatorname{tg} \alpha_1 = 1/2$:

penne du talus amont.

AN : $b = (3.75 - 1) * 2 = \mathbf{5.5}$ m

9.1.4.5. Calcul de (d)

Il est calculé par la formule suivante :

$$d = L - l_d - 0.7 b$$

AN $d = 18.5 - 5.29 - 0.7 * 1.4 = \mathbf{9.36 \text{ m}}$

9.1.4.6. Calcul de (Y_0)

La formule permettant de calcul de Y_0 dépend de l'angle α . Ainsi :

si $\alpha > 30^0$ alors $y_0 = \sqrt{h_r^2 + d^2} - d$

si $\alpha < 30^0$ alors $y_1 = \sqrt{h_r^2 + d^2} - \sqrt{d^2 - h_r^2 * \cot^2 \alpha}$

Ou $hr = H - R$, $x = l_d$ et y_0 ou $y_1 = hr$: selon l'équation de KOSENY

Avec

H : hauteur totale de barrage ($H = 3.75 \text{ m}$) ; R : la revanche libre de la digue ($R = 1\text{m}$).

Dans notre cas, $\alpha \approx 26.6^0$ donc $\alpha < 30^0$ et nous pouvons écrire :

$$y_1 = \sqrt{h_r^2 + d^2} - \sqrt{d^2 - h_r^2 * \cot^2 \alpha}$$

$$y_1 = \sqrt{2.75^2 + 9.36^2} - \sqrt{9.36^2 - 2.75^2 * 2^2} = 9.756 - 7.574$$

$y_1 = 2.2\text{m}$

D'où l'équation du débit de fuite :

$$x = \frac{y^2 - y_1^2}{2 * y_1} = \frac{y^2 - 2.2^2}{2 * 2.2} = 0.23y^2 - 1.1$$

Ainsi, **$x = 0.23y^2 - 1.1$**

9.1.4.7. Evaluation du débit de fuite.

❖ Méthode1 : Loi de DARCY

L'application la loi de DARCY, permet d'évalue approximativement le débit de fuite à travers le corps du barrage. Pour un mètre linéaire du barrage, la loi de DARCY s'écrit comme suit :

$$q = K_r * S * i = K_r * s * \frac{h_r}{L_1}$$

Avec

q : débit par mètre linéaire du barrage ;

s : surface unitaire mouillée du parement amont du barrage, $s(m^2)$

K_r : coefficient de perméabilité du remblai , $K_r = 7.85 * 10^{-10} m/s$

h_r : la hauteur d'eau dans la retenue, $h_r = 2.75m$;

L_1 : longueur moyenne des lignes de courant. Elle est prise comme étant la distance séparant l'extrémité amont du drain horizontal et le centre de la digue mouillée du parement amont.

➤ **Calcul de la longueur L_1 (m)**

Elle est calculée comme suit :

$$L_1 = d + 0.2b$$

$$AN : L_1 = 9.36 + 0.2 * 5.5 = 10.46m$$

➤ **Calcul de la surface unitaire mouillée s (m^2)**

Elle est calculée par la formule suivante :

$$s = (1\text{mètre linéaire}) * \sqrt{b^2 + h_r^2}$$

$$AN : s = 1 * \sqrt{5.5^2 + 2.75^2} = 6.15 m^2$$

➤ Le débit par mètre linéaire du barrage q est calculé ainsi :

$$AN : q = 7.85 * 10^{-10} * 6.15 * \frac{2.75}{10.46} = 1.27 * 10^{-9} m^3/s * ml$$

❖ **Méthode2 : Parabole de KOZENY.**

Tout comme y_0 , la formule permettant de calculer du débit de fuite varie en fonction de l'angle α :

❖ si $\alpha > 30^0$ alors $q = K_r * y_0$

❖ si $\alpha < 30^0$ alors $q = K_r * y_1 * \sin\alpha^2$

Dans notre cas, $\alpha \approx 26.6^0$ donc $\alpha < 30^0$ et nous pouvons écrire :

$$q = K_r * y_1 * \sin\alpha^2$$

Avec K_r : coefficient de perméabilité du remblai, les études géotechniques du site d'emprunt du remblai révèlent une perméabilité moyenne $K_r = 7.85 * 10^{-10} m/s$ &

q : débit par mètre linéaire, q ($m^3/ml*s$)

$$AN : q = (7.85 * 10^{-10}) * 2.2 * (\sin(26.6))^2 = 3.46 * 10^{-10} m^3/ml * s$$

Ainsi, nous retenons la valeur la plus contraignante donc le débit de fuite à travers le corps du remblai retenu pour la suite des calculs est :

$$q = 1.27 * 10^{-9} m^3/s * ml$$

Au bout de 12 mois de service, on aura un volume de fuite V tel :

$V = q * L * t$ Avec L : longueur de la digue, L = 1288m ; t : temps en (s)

$$AN : V = (1.27 * 10^{-9}) * 1288 * 12 * 30 * 24 * 3600 = 5.09 m^3$$

En valeur relative, ce volume est très négligeable, car il représente environ 0.0021% du volume de la retenue au plan d'eau normal. Ceci peut ne s'expliquer pas la très faible perméabilité du matériau de remblai ($K_r = 7.85 * 10^{-10} m/s$).

Selon M.L. COMPAORE, la perméabilité d'un bon matériau de remblai doit être inférieure ou égale à $10^{-7} m/s$ après compactage. **Source :** EIER, COURS DE BARRAGE, 2^e EDITION Novembre 1996, page189

Remarque : Nous constatons que le débit de fuite, calculé pour la digue est faible mais pas négligeable, d'où la nécessité d'évacuer cette eau hors des fondations, car elle devient un danger pour la stabilité de l'ouvrage. D'où la nécessité d'envisager un dispositif de protection contre ces eaux.

V.11. Drain et Filtre dans le corps de digue

Dans les barrages en terre, constitués de matériaux plus ou moins imperméables, l'eau de la retenue a tendance à s'infiltrer dans la digue et les fondations pour venir resurgir à l'aval. bien que le choix des matériaux de construction ait été fait de manière à limiter au maximum les débits d'infiltration.

En absence de certaines précautions, ces infiltrations peuvent compromettre la sécurité de l'ouvrage et sa stabilité. Ainsi, à défaut de stopper, il est nécessaire de réduire les débits d'infiltration et de les contrôler par la mise en place d'un dispositif de drainage en filtre de pied

horizontal ou drain tapis de sable calibré. Ceci permettra d'éviter la formation de renard et d'empêcher la saturation du talus aval de la digue et par conséquent les résurgences à l'aval des eaux infiltrées. Pour cela, nous ferons recours à un filtre (ou drain) de pied horizontal encore appelé drain-tapis.

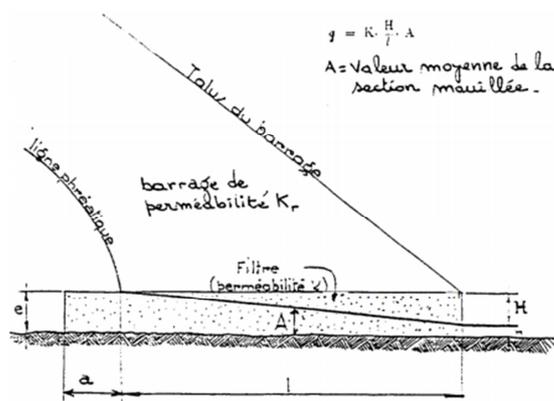
10.1. Epaisseur, localisation et volume du filtre.

➤ Calcul de l'épaisseur.

Le filtre de perméabilité K_f possède une épaisseur (e) qui se détermine en fonction du débit de fuite:

- Débit Unitaire et épaisseur du drain tapis

Fig 7.38 - Débit unitaire a travers un filtre horizontal



Si q est le débit d'infiltration à travers un mètre de largeur du barrage qu'il faut évacuer à travers le filtre de perméabilité K_f est, on peut écrire :

$$e = 2 * \sqrt{\frac{ql}{K_f}}$$

La valeur de l n'étant pas égale à la longueur totale l_d du drain-tapis, nous retranchons la longueur de résurgence l_r .

$$l_r = \frac{q}{K_r} \quad \text{avec } K_r : \text{perméabilité du remblai}$$

$$\text{AN : } l_r = \frac{1.27 \cdot 10^{-9}}{7.85 \cdot 10^{-10}} = \mathbf{1.62 \text{ m}}$$

Ainsi $l = l_d - l_r$

$$\text{AN : } l = 5.30 - 1.62 = 3.68 \text{ m}$$

Ce qui permet de calculer l'épaisseur du grain $e = 2 * \sqrt{\frac{ql}{K_f}}$

K_f : Coefficient de perméabilité du sable. Les systèmes de drainage sont constitués de matériaux ayant une forte perméabilité ($K_f = 10^{-4} \text{ m/s}$)

$$\text{AN : } e = 2 * \sqrt{\frac{1.27 \cdot 10^{-9} * 3.68}{10^{-4}}} = 0.14 \text{ m}$$

$$e = \mathbf{0.14 \text{ m}}$$

Comme la valeur de e est inférieure à la valeur minimale, nous adopterons l'épaisseur minimale recommandée de **0.50 m**.

➤ Localisation du filtre

Le drain sera donc constitué par un tapis filtrant (drain horizontal) de 50 cm d'épaisseur qui s'étendra sur toute l'emprise du talus aval de la digue. A un profil donné, sa largeur sera de $l_d = 5.30 \text{ m}$.

Selon Sylvain BERTON, lorsque la hauteur de la digue est inférieure ou égale à la revanche, le tapis drainant est inutile. **Source: LA MAITRISE DES CRUES DANS LES BAS-FONS, PETITS ET MICROBARRAGES EN AFRIQUE DE L'OUEST, Février 1998, Page136.** Compte tenu de la petite taille de du barrage de Dawanegomdé, nous limitons la pose du tapis filtrant (constitué de sable horizontal) le long des profils où la charge est supérieure à la revanche. Le tableau suivant indique ces profils.

Tableau 74: Localisation du filtre

Profil	L_{fil} (m)
N°16 au N°25	243,41
N°38 au N°55	121,98
N°62 au N°66	105,5
Total	470,89

Ainsi le filtre s'étendra sur une longueur totale de 470,89m, c'est à dire aux profils où la charge d'eau, au Plan d'Eau Normal (PEN) est supérieure à 0.51m.

➤ **Volume du filtre.**

Le filtre ne doit ni se dégrader par entraînement de ses éléments, ni se colmater

Son volume est calculé ainsi :

$$V_f = l_d * e * L_{fil} \quad \text{avec } L_{fil}: \text{Longueur du filtre}, L_f = 470.89m$$

$$\text{AN : } V_f = 5.3 * 0.5 * 470.89 = \mathbf{1247.86m^3}$$

Les études géotechniques révèlent une recherche infructueuse de ce sable dans la région, il faut prévoir en acheter à Ouagadougou.

VI ETUDE DE L'EVACUATEUR DE CRUES

VI.1. Importance de l'évacuateur de crues.

La submersion de la digue d'un barrage en terre au passage d'une forte crue est toujours un phénomène particulièrement dangereux.

Une grande proportion des accidents de rupture survenus sur des barrages de ce type a pour origine de fréquentes surverses provenant des crues qui dépassaient les possibilités du dispositif d'évacuation.

L'étude de l'évacuateur de crue est donc d'une importance capitale dans un projet de barrage car c'est l'organe de sécurité qui permet d'évacuer les excédents d'eau de la cuvette après leur laminage dans la retenue, sans risque de submersion de la digue.

La côte de l'évacuateur de crues détermine celle de la retenue normale donc la capacité de stockage du barrage.

Les aménagements annexes sont nécessaires pour le bon fonctionnement de l'évacuateur de crues (bassin de dissipation, chenal d'évacuation, etc.)

Ce bon fonctionnement dépend de la position du déversoir, de son dimensionnement et des conditions topographiques sur le terrain.

VI.2. Situation géographique du déversoir

L'emplacement de l'évacuateur de crues sur l'une des deux rives ou en position centrale dépend des conditions topographiques en particulier en aval de l'axe de la digue, du volume des terrassements qui seront nécessaires et de l'emplacement des zones à aménager.

Le site du barrage de DAWANEGOMDE est caractérisé par un encaissement assez faible de sa cuvette.

Cette situation conduit à placer l'évacuateur de crues en position centrale, ce qui permet la restitution des eaux déversées directement dans le lit du cours d'eau en minimisant les coûts d'aménagement et d'entretien d'un chenal d'évacuation.

VI.3. Laminage de crue.

Le laminage des crues est très important, car sa prise en compte pour le calcul des déversoirs, permet de réaliser des économies considérables sur ces ouvrages essentiels pour la sécurité du barrage, des biens et des personnes.

Le laminage permet de déterminer le débit évacué par le déversoir $Q_{e\max}$ à partir du débit de crue entrant $Q_{c\max}$. Ensuite il permet de calculer la longueur L du déversoir et la lame d'eau déversant : h Ainsi résoudre le problème de laminage revient à résoudre l'équation suivante :

$$S(z).dz = Q_c(t).dt - Q_e(t).dt \quad \text{ou} \quad S(z) \text{ représente la surface du plan d'eau.}$$

Plusieurs méthodes permettent de résoudre cette équation, notamment la méthode de l'épure de Blackmore ; la méthode de Technique des barrages en aménagement rural ; la méthode du coefficient X_0 ou méthode E.LE.R. – C.I.E.H.

Selon Jean Marie Duran et all, la méthode du coefficient X_0 ou méthode E.LE.R. – C.I.E.H. est la mieux adapté pour les petits barrages en Afrique sahélienne et équatoriale.

Ainsi nous ferons le laminage par cette dernière méthode.

VI.3.1 Calcul de la longueur du déversoir sans tenir compte du laminage.

Le débit passant au-dessus d'un seuil dénoyé s'exprime par la formule suivante :

$$Q = mLh\sqrt{2gh} \quad \longrightarrow \quad L = \frac{Q}{mh\sqrt{2gh}}$$

Ainsi la résolution de l'équation de laminage permettra de déterminer Q_{emax} en fonction de Q_{cmax} .

Le calcul de la longueur du déversoir L se fera itération en s'appuyant sur le système suivant :

$$\left\{ \begin{array}{l} \beta = \frac{Q_{\text{emax}}}{Q_{\text{cmax}}} \end{array} \right. \quad (1)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} Q_{\text{emax}} = mLh\sqrt{2gh} \end{array} \right. \quad (2)$$

Méthode de calcul :

* De l'équation (2), nous calculons L_1 sans en prendre en compte l'effet de laminage c'est-à-dire en remplaçant le débit évacué Q_{emax} par le débit de crue Q_{cmax} . Alors nous écrivons ceci

$$(2) \quad \longrightarrow \quad L_1 = \frac{Q_{\text{cmax}}}{mh\sqrt{2gh}}$$

* Par la suite, nous calculons X_{01}

$$X_{01} = \frac{m^2 \cdot g \cdot L_1^2 \cdot Q_{\text{cmax}} \cdot T m^3}{s^3} \quad \text{On lira sur l'abaque de l'annexe... le coefficient } \beta \text{ en fonction de}$$

de $\log_{10}(x_0)$: $Q_{\text{emax}} = \beta_1 \cdot Q_{\text{cmax}}$. Et ainsi $L_2 = \frac{\beta_1 \cdot Q_{\text{cmax}}}{mh\sqrt{2gh}}$

* Nous reprenons les mêmes calculs avec L_2

Nous calculons X_{02}

$$X_{01} = \frac{m^2 \cdot g \cdot L_2^2 \cdot Q_{\text{cmax}} \cdot T m^3}{s^3} \quad \text{Puis la lecture sur abaque permet d'écrire ceci :}$$

$$Q_{\text{emax}} = \beta_2 \cdot Q_{\text{cmax}} \quad \text{et} \quad L_3 = \frac{\beta_2 \cdot Q_{\text{cmax}}}{mh\sqrt{2gh}} = \beta_2 \cdot L_1.$$

D'une manière analogue, nous reprenons les calculs successivement, jusqu'à l'obtention d'une valeur convergente de L qui sera retenu comme étant la longueur réelle du déversoir.

Dans notre cas,

L_i : Longueur du déversoir.

Q_{cmax} : est la crue du projet $Q_{\text{projet}} = 105.01 \text{ m}^3/\text{s}$

g : accélération de la pesanteur $= 9.80 \text{ m/s}^2$

*ETUDE TECHNIQUE D'AVANT-PROJET DETAILLE DU BARRAGE DE DAWANEGOMDE
PROVINCE DE KADIOGO, BURKINA FASO*

h : charge ou hauteur d'eau sur le seuil du déversoir = 0.5m

m : coefficient de débit du seuil déversant = 0.4

T_m : temps de montée des eaux = 6668.4s

S : surface du plan d'eau normal = 470604.75 m²

Application de la méthode de calcul :

- **Calcul de L₁**

$$L_1 = \frac{105.01}{0.4 * 0.5 \sqrt{2 * 9.8 * 0.5}} = \mathbf{167.72m}$$

- **Calcul de X₀₁ et de log₁₀(X₀₁)**

$$X_{01} = \frac{0.4^2 * 9.80 * 140.38^2 * 87.79 * 6668.4^3}{470604.75^3} = \mathbf{13.13} \quad \text{et} \quad \log_{10}(13.13) = \mathbf{1.1}$$

- **Calcul de L₂**

Nous lisons sur l'abaque la valeur β₁ = **0.77**. Ainsi L₂ = $\frac{0.77 * 87.79}{0.4 * 0.5 \sqrt{2 * 9.80 * 0.4}} = \mathbf{129.15m}$

Le tableau suivant récapitule les résultats du laminage et les valeurs résultantes des itérations et des interpolations.

Tableau 75: Laminage

N0 Itération	L(m)	X0	Log10(X0)	β	Qe(m3/s)	L(m)	h(m)
0	1287,89	777,02	2,9	0,96	100,81	167,72	0,56
1	167,72	13,18	1,1	0,77	80,86	129,15	0,58
2	129,15	7,81	0,9	0,74	77,71	124,11	0,58
3	124,11	7,22	0,9	0,73	76,66	122,44	0,58
4	122,44	7,02	0,8	0,72	75,61	120,76	0,58
5	120,76	6,83	0,8	0,72	75,61	120,76	0,58
6	120,76	6,83	0,8	0,72	75,61	120,76	0,58

La méthode de X₀ permet d'obtenir à parti de la quatrième itération la convergence du coefficient β = 72%, cette valeur de β est en adéquation avec les limites de validité de l'effet de laminage et par conséquent :

- ✓ Un débit de crue laminé Q_e = 75.61 m³/s
- ✓ Et une longueur du déversoir L = 122.44m
- ✓ Pour une hauteur déversant h = 0.58m

Compte tenu du faible encaissement de la cuvette et dans le souci d'emmagasiner un volume maximum d'eau, tout en veillant à la sécurité du barrage, nous adoptons une lame d'eau de **0.5m**. La longueur calculée du déversoir est de 167.72m, nous retenons une longueur de **170m** pour un débit évacué de **80.86 m³/s**.

VI.4. Calage du déversoir et détermination de la revanche.

La digue est calée à la cote maximale possible sur le site soit 340,75. Afin d'avoir un volume d'eau appréciable dans la retenue, on calera le déversoir à la cote 339,75 ; ce qui donne une dénivelée entre la digue et le déversoir de 1,00 m.

La revanche est la différence de cote entre les Plus Hautes Eaux (PHE) et la crête de la digue et a pour rôle de prévenir le débordement des eaux du réservoir au-dessus de la crête du barrage et leur déferlement sur la pente aval.

La digue est calée à la cote 340,75 et la lame d'eau déversant est de 0,50 m, la revanche libre sur le déversoir sera de 0,50 m.

VI.5. Capacité de la retenue, hauteur d'eau et superficie.

La hauteur d'eau au droit du déversoir est donnée dans le tableau suivant :

Tableau 76:Hauteur d'eau du plan d'eau normal

Cote digue	Revanche (m)	Lame d'eau (m)	Côte crête déversoir	Côte fond déversoir	Hauteur d'eau au droit du déversoir
340,75	0,50	0,50	339,75	337	2,75

La cote du déversoir, rapportée à la courbe hauteur-volume, donne un **volume d'eau de 240 748 m³**.

En se référant à la courbe hauteur-surface on obtient une **surface de plan d'eau de 46,79 ha**.

IV.4 Ouvrage de prise et de vidange.

*ETUDE TECHNIQUE D'AVANT-PROJET DETAILLE DU BARRAGE DE DAWANEGOMDE
PROVINCE DE KADIOGO, BURKINA FASO*

Le choix du type d'ouvrage de prise a été fait en fonction des contraintes budgétaires et de la charge d'eau disponible. Son diamètre a été déterminé à partir de la formule de Torricelli qui se définit comme suit :

$$Q_c = C * \pi * \frac{D^2}{4} * \sqrt{2gH}$$

Avec : C = coefficient, D = diamètre de la conduite, H = charge de l'eau.

Tableau 77: Calcul du diamètre de prise

DIAMETRE DE LA CONDUITE DE PRISE					
$Q = C * (2gh)^{0,5} * (3,14 * D^2) / 4$	D(m)	$\Delta = Q - DMP$	C	g(m/s ²)	h(m)
0,40	0,35	0,00	0,62	9,81	2,25

Les caractéristiques de l'ouvrage de prise sont récapitulées dans le tableau suivant :

Caractéristiques de l'ouvrage de prise

Tableau 78: Caractéristiques de la prise et de la vidange

Position par rapport au déversoir	Côte entrée amont (m)	Côte digue (m)	Hauteur digue (m)	Côte déversoir (m)	Hauteur d'eau (m)	Longueur conduite (m)	Côte sortie aval (m)
gauche	338,82	340,75	1,93	339,75	0,93	20	338,43

VI.7. Bassin de dissipation

Au pied du déversoir poids en position centrale, les eaux y arrivent avec une énergie cinétique importante, qu'il faut dissiper afin de protéger l'ouvrage. Ainsi il existe plusieurs types d'organes dissipateurs, nous avons retenu pour le barrage de DAWANEGOMDE, un bassin à ressaut.

Ce type de bassin possède un ressaut qui est à l'origine du changement de régime entre le déversoir et le lit de restitution. Ce ressaut dissipe en outre l'excédent d'énergie cinétique.

A l'aval, le déversoir se prolongera par un bassin de dissipation dont la longueur est égale à celle du déversoir.

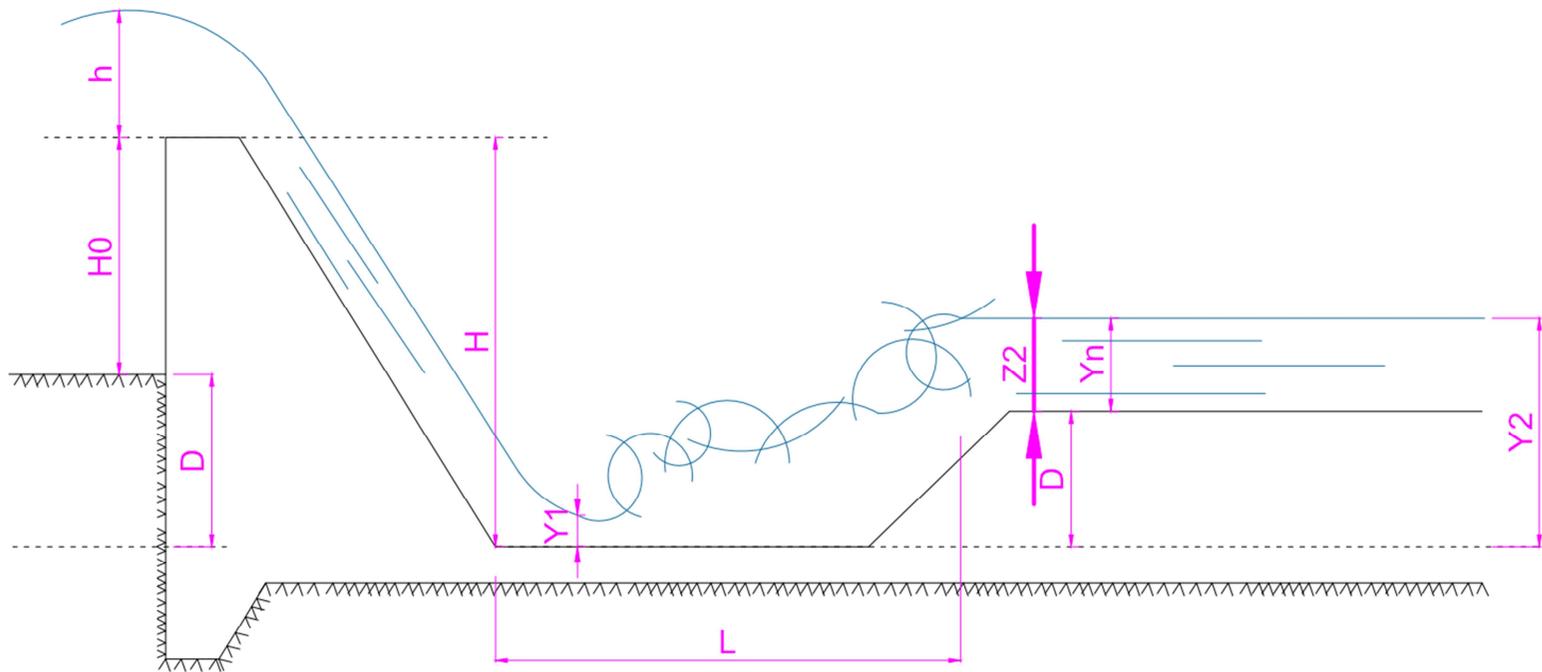


Figure 17: Bassin de dissipation

➤ **Détermination de y_n , tirant d'eau dans le chenal.**

La formule de Manning Strickler est celle que nous utiliserons pour le calcul du tirant d'eau normal à l'aval du bassin de dissipation.

D'après Manning Strickeler, le qui s'écoule dans un canal peut être exprimé ainsi :

$$Q = K * S * R^{\frac{2}{3}} * I^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

Q :débit laminé 80.86 m³/s

I : pente 2m/Km

K : Rugosité 40

R: Rayon hydraulique (m)

S : Surface mouillée (m²)

m :fruit de berge 1

b :largueur en base 30m

Le chenal sera de forme trapézoïdale, ainsi à parti de la relation (1), nous écrivons dont :

$$\frac{Q}{K * I^{\frac{1}{2}}} = \frac{[y_n(b + m y_n)]^{5/3}}{[b + 2y_n(1 + m^2)^{1/2}]^{2/3}}$$

Après itération, nous obtenons le résultat suivant : $y_n = 0.50m$

➤ **Détermination de y_1 , tirant d'eau aval et de V_1 , vitesse de l'eau à l'entrée du bassin de dissipation.**

La résolution d'un système d'équations issues de la relation de BERNOULLI permet de déterminer y_1 et V_1 .

Soit le système suivant :

$$\begin{cases} V_1 = \sqrt{2g[0.9(H + h') - y_1]} \\ y_1 = \frac{q}{V_1} \end{cases}$$

Tableau 79: Les paramètres de base pour les calculs

h'(m): Charge	0,5
H0(m): Hauteur au PEN	2,9
H(m): Hauteur aval du déversoir	4
g (m/s ²):	9.81
q débit spécifique (m ³ /s)	0,66

La résolution par itération du système d'équation ci-dessus permet d'obtenir approximativement la profondeur d'eau à l'entrée du bassin y_1 c'est-à-dire le tirant d'eau avant le ressaut ainsi que la vitesse de l'eau au même endroit V_1 :

$$y_1 = 0.50m \text{ et } V_1 = 0.15$$

➤ **Détermination du nombre de Froude F**

$$F = \frac{V_1}{\sqrt{gy_1}} \quad \text{L'application numérique donne la valeur suivante : } \mathbf{F=10.57.}$$

Avec un nombre de Froude supérieur à 4.5 et une vitesse de l'eau à l'entrée du bassin de dissipation inférieure à 15m/s, nous concluons que notre bassin est de **type II**

Le type de bassin étant connu, la géométrie du bassin sera facilement complétée par l'utilisation des abaques relatifs aux bassins de type II

➤ **Calcul de y_2 , tirant d'eau amont à la sortie du bassin et de la longueur L_{bassin} du bassin de dissipation.**

$$y_2 = \frac{y_1}{2} (\sqrt{1 + 8F^2} - 1)$$

*ETUDE TECHNIQUE D'AVANT-PROJET DETAILLE DU BARRAGE DE DAWANEGOMDE
PROVINCE DE KADIOGO, BURKINA FASO*

La lecture sur les abaques nous permet d'écrire : $\frac{L_{bassin}}{y_2} = 2.8$; ainsi la largeur du bassin de dissipation est telle que : $L_{bassin} = 2.8y_2$

L'application numérique donne les valeurs suivantes : $y_2 = 2.2m$ et $L_{bassin} = 6.07m$

Tableau 80: Calcul du tirant d'eau conjugué

y_n (m): tirant d'eau normal	0,5
y_1 (m): tirant d'eau à l'entrée du bassin	0,15
V_1 (m/s): Vitesse à l'entrée du bassin	9
y_2 (m): tirant d'eau à la sortie du bassin	2,2
D(m): profondeur du bassin	1,02
L_{bassin} (m): largeur du bassin	6,07

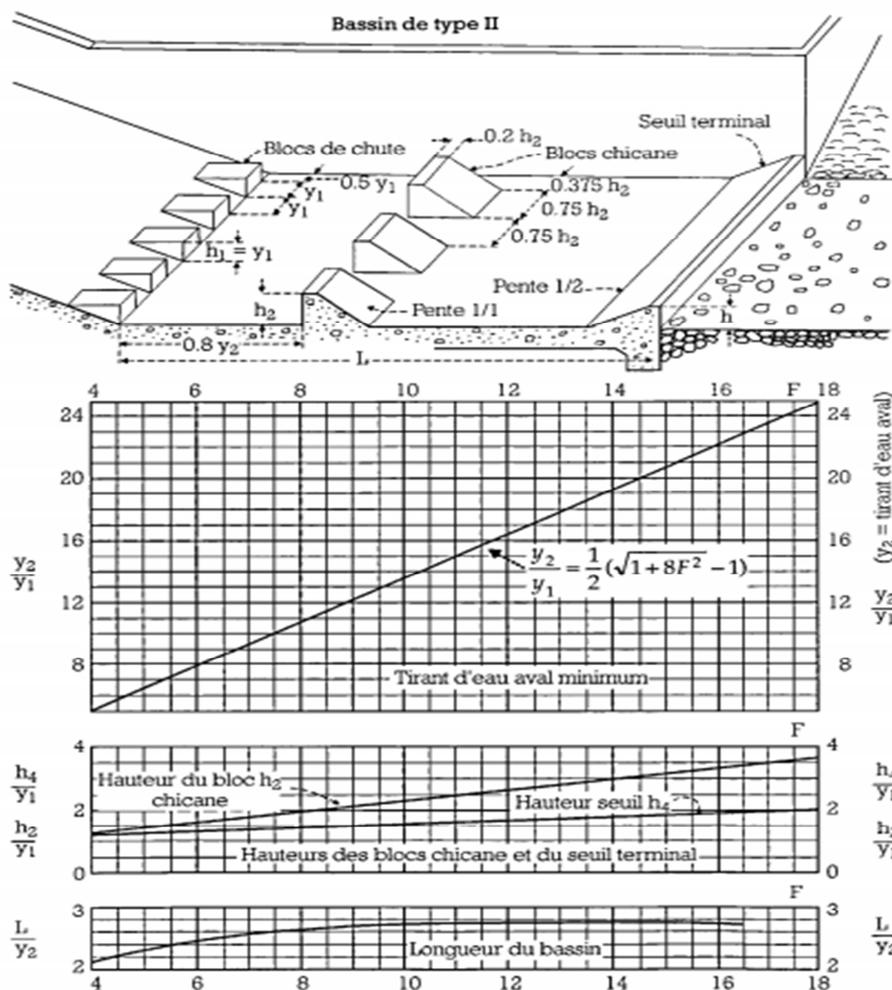


Figure 2.33 : détermination des caractéristiques du bassin de dissipation pour un nombre de Froude supérieur à 4,5 et une vitesse de l'eau à l'entrée du bassin inférieure à 15 m/s (traduit de [5]).

Figure 18: Abaque pour bassin de type II

VI.7. Caractéristiques géométriques des blocs de chute et des blocs de chicane.

En rappel, avec $F > 4.5$ et $V_1 < 15\text{m/s}$, nous avons un bassin est de **type II**. Ainsi, la distance(x) entre les blocs de chute et les blocs de chicanes est :

$$x = 0.8y_2 \text{ soit } x = 1.76\text{m}$$

➤ **Blocs de chute**

- Hauteur des blocs de chute $h_1 = y_1$
- Longueur des blocs de chute $L_1 = y_1$
- Distance entre blocs de chute $d_1 = y_1$
- Distance entre blocs de chute et mur bajoyer $d_2 = 0.5y_1$

Tableau 81:calcul Blocs de chute

$h_1(m)$	$L_1(m)$	$d_1(m)$	$d_2(m)$
0.15	0.15	0.15	0.075

➤ **Blocs de chicane**

- Hauteur des blocs de chicane $h_2 = 2.5y_1$
- Longueur des blocs de chicane $L'_1 = 0.75h_2$
- Distance entre blocs de chicane $d'_1 = 0.75h_2$
- Distance entre blocs de chicane et mur bajoyer $d'_2 = 0.375h_2$
- Largeur en base des blocs chicane $B = 1.2h_2$
- Largeur crête des blocs chicane $b = 0.2h_2$
- Pente 1V/1H

Tableau 82:Blocs de chicane

$h_2(m)$	$L'_1(m)$	$d'_1(m)$	$d'_2(m)$	$B(m)$	$b(m)$
0.375	0.281	0.281	0.141	0.45	0.075

❖ Calcul de stabilités

➤ **Stabilité du déversoir**

ETUDE TECHNIQUE D'AVANT-PROJET DETAILLE DU BARRAGE DE DAWANEGOMDE
 PROVINCE DE KADIOGO, BURKINA FASO

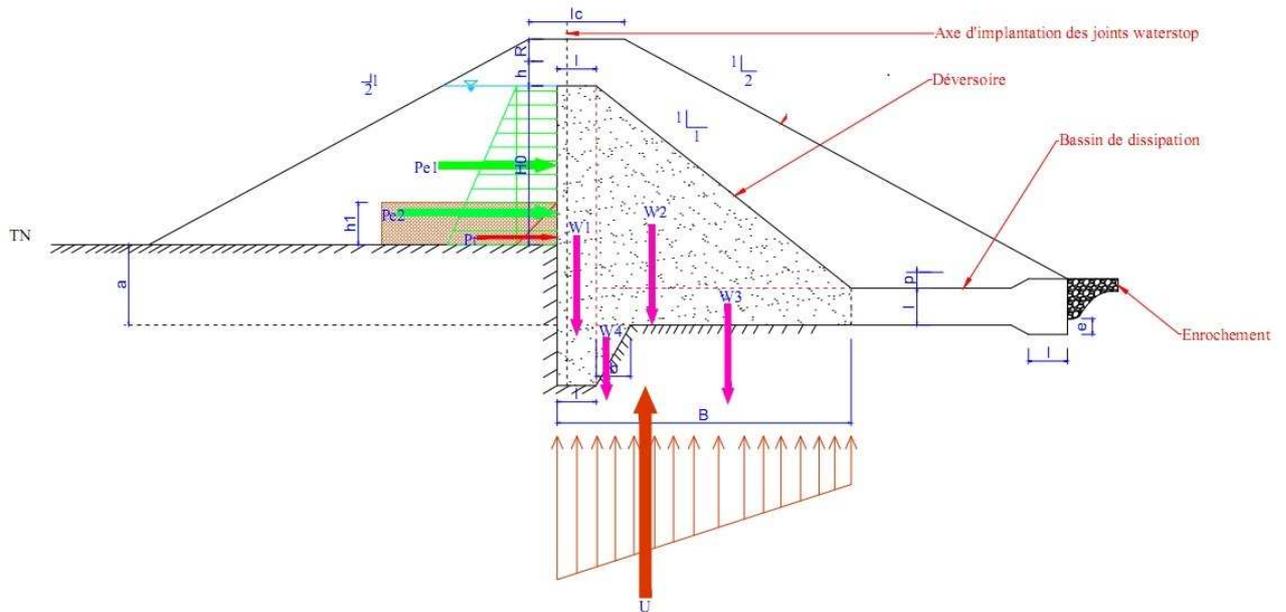


Figure 19: Déversoir du barrage de DAWANAGOMDE.

Figure 9 : Déversoir poids du barrage de DAWANEGOMDE

Tableau 83:calcul de Stabilité du déversoir

BILAN DES FORCES	FORCES	VALEURS EN KN	BRAS DE LEVIERS	MOMENTS KN.m
Poids de l'ouvrage(W)	W1	264,6	9,25	2447,55
	W2	295,80	5,67	1676,20
	W3	306,00	4,25	1300,50
	W4	23,40	8,00	187,20
	TotalW	889,80	TotalMoment	5611,45
Poussée des sédiments (Pt)	Pt	0,08	2,61	0,20
Poussée hydrostatique(P)	Pe1	21,75	3,95	85,91
	Pe2	84,10	3,47	291,55
	TotalPe	105,93	TotalMoment	377,66
sous pression (U)	U1	10	5	50,00
	U2	63,33	6,67	422,22
	TotalU	73,33	TotalMoment	472,22
tanφ(frottement béton roche tendre)	0,65	20	0,36	
Cs	13		Fc28	30

➤ **Vérification de la stabilité des pentes des talus de la digue.**

La définition du coefficient de sécurité des talus à l'égard de la rupture demeure une des questions les plus controversées de la mécanique des sols. Plusieurs approches ont été proposées sans pour autant qu'il ne soit possible de trouver une synthèse pleinement satisfaisante. Le débat reste donc ouvert ! **source : M.L. COMPAORE, page 257 (E.I.E.R, COURS DE BARRAGE, 2^e EDITION, Novembre 1996).**

Cependant plusieurs méthodes ont été développées pour l'étude de stabilité d'une digue en terre homogène, les méthodes de FELLENIUS et de BISHOP. Cette dernière méthode sera retenue dans notre cas pour l'étude de stabilité des pentes.

Les calculs seront à l'aide du logiciel Geo-slope. En réalité elle permet juste de vérifier si les pentes sont stables.

La vérification de la stabilité des pentes par le logiciel Geo-slope quand la retenue est plaine et quand elle est vide donne des coefficients de sécurité supérieurs $F > 1.5$. Ceci nous permet de confirmer que les pentes du futur barrage de Dawanegomde seront stables.

Tableau 84: Récapitulatif des caractéristiques géométriques de la digue du barrage

Hauteur de la retenue (m)	3,75
Largeur en crête (m)	3,5
Pente des talus (aval et amont)	2H/1V
Largeur maximale en base (m)	18,50
Longueur de la digue (m)	1287,86
$tg\alpha_1$	0,5
$tg\alpha_2$	0,5

ANNEXE V : METRE

Tableau 85: Volume de remblai au-dessus de la digue

VOLUME REMLAI AU DESSUS DU TN DIGUE												
Numéro du profile	Côte TN (m)	Côte de la digue (m)	Largeur en crête (m)	Distance partielle (m)	Hauteur intermédiaire (m)	Surface intermédiaire (m ²)	Volume intermédiaire (m ³)	Épaisseur du décapage	m1: Fruit de talus amont	m2: Fruit de talus aval	Revanche	Lame d'eau déversant
1	341,25	340,75	3,5	0	-0,3	-0,87		0,2	2	2	0,51	0,49
2	341,15	340,75	3,5	14,9	-0,2	-0,62	-11,10					
3	341	340,75	3,5	10,4	-0,05	-0,17	-4,11					
4	340,75	340,75	3,5	16,1	0,2	0,78	4,91	-0,88				
5	340,63	340,75	3,5	6,59	0,32	1,32	6,94	-0,75				
6	340,5	340,75	3,5	8,81	0,45	1,98	14,56	-0,5				
7	340,25	340,75	3,5	18,1	0,7	3,43	48,96	-0,25				
8	340	340,75	3,5	23,2	0,95	5,13	99,30	0				
9	339,75	340,75	3,5	23,74	1,2	7,08	144,93	0,16				
10	339,59	340,75	3,5	13,3	1,36	8,46	103,34	0,25				
11	339,5	340,75	3,5	20,22	1,45	9,28	179,34	0,31				
12	339,44	340,75	3,5	23,11	1,51	9,85	220,99	0,36				

*ETUDE TECHNIQUE D'AVANT-PROJET DETAILLE DU BARRAGE DE DAWANEGOMDE
PROVINCE DE KADIOGO, BURKINA FASO*

13	339,39	340,75	3,5	23,11	1,56	10,33	233,09	0,49
14	339,26	340,75	3,5	33,14	1,69	11,63	363,78	0,45
15	339,3	340,75	3,5	28,19	1,65	11,22	322,03	0,5
16	339,25	340,75	3,5	14,6	1,7	11,73	167,53	0,67
17	339,08	340,75	3,5	29	1,87	13,54	366,40	0,75
18	339	340,75	3,5	16,4	1,95	14,43	229,34	0,9
19	338,85	340,75	3,5	17,6	2,1	16,17	269,28	1
20	338,75	340,75	3,5	53,95	2,2	17,38	905,01	1,13
21	338,62	340,75	3,5	18,3	2,33	19,01	332,99	1,15
22	338,6	340,75	3,5	25,41	2,35	19,27	486,38	1,07
23	338,68	340,75	3,5	42,46	2,27	18,25	796,57	1
24	338,75	340,75	3,5	7,69	2,2	17,38	137,00	1,01
25	338,74	340,75	3,5	18	2,21	17,50	313,95	0,75
26	339	340,75	3,5	7,64	1,95	14,43	121,98	0,5
27	339,25	340,75	3,5	10,2	1,7	11,73	133,42	0,25
28	339,5	340,75	3,5	5,03	1,45	9,28	52,84	0
29	339,75	340,75	3,5	5,86	1,2	7,08	47,93	-0,25
30	340	340,75	3,5	9,59	0,95	5,13	58,55	-0,5
31	340,25	340,75	3,5	8,26	0,7	3,43	35,35	-0,75
32	340,5	340,75	3,5	13,6	0,45	1,98	36,79	-0,75
33	340,5	340,75	3,5	13,8	0,45	1,98	27,32	-0,5
34	340,25	340,75	3,5	5,02	0,7	3,43	13,58	-0,25
35	340	340,75	3,5	5,19	0,95	5,13	22,21	0
36	339,75	340,75	3,5	4,83	1,2	7,08	29,49	0,25
37	339,5	340,75	3,5	5,03	1,45	9,28	41,15	0,5
38	339,25	340,75	3,5	5,02	1,7	11,73	52,74	0,75
39	339	340,75	3,5	5	1,95	14,43	65,40	1
40	338,75	340,75	3,5	5	2,2	17,38	79,53	1,15
41	338,6	340,75	3,5	2,27	2,35	19,27	41,60	1,25

*ETUDE TECHNIQUE D'AVANT-PROJET DETAILLE DU BARRAGE DE DAWANEGOMDE
PROVINCE DE KADIOGO, BURKINA FASO*

42	338,5	340,75	3,5	2,98	2,45	20,58	59,38	1,5
43	338,25	340,75	3,5	4,76	2,7	24,03	106,17	1,75
44	338	340,75	3,5	7,31	2,95	27,73	189,18	2
45	337,75	340,75	3,5	9,34	3,2	31,68	277,44	2,25
46	337,5	340,75	3,5	9,79	3,45	35,88	330,71	2,35
47	337,4	340,75	3,5	3,68	3,55	37,63	135,26	2,9
48	336,85	340,75	3,5	6,61	4,1	47,97	282,91	2,38
49	337,37	340,75	3,5	4,21	3,58	38,16	181,31	2,25
50	337,5	340,75	3,5	5,17	3,45	35,88	191,40	2
51	337,75	340,75	3,5	11,25	3,2	31,68	380,03	1,75
52	338	340,75	3,5	18,11	2,95	27,73	537,96	1,5
53	338,25	340,75	3,5	7,75	2,7	24,03	200,57	1,37
54	338,38	340,75	3,5	8,75	2,57	22,20	202,28	1,5
55	338,25	340,75	3,5	10	2,7	24,03	231,17	0,75
56	339	340,75	3,5	13,7	1,95	14,43	263,45	0,5
57	339,25	340,75	3,5	4,61	1,7	11,73	60,30	0,25
58	339,5	340,75	3,5	5,24	1,45	9,28	55,05	0
59	339,75	340,75	3,5	12,9	1,2	7,08	105,52	0
60	339,75	340,75	3,5	17	1,2	7,08	120,36	0,25
61	339,5	340,75	3,5	20,06	1,45	9,28	164,09	0,5
62	339,25	340,75	3,5	10,8	1,7	11,73	113,45	0,62
63	339,13	340,75	3,5	22,38	1,82	12,99	276,67	0,64
64	339,11	340,75	3,5	19,98	1,84	13,21	261,80	0,6
65	339,15	340,75	3,5	20,98	1,8	12,78	272,65	0,61
66	339,14	340,75	3,5	11,3	1,81	12,89	145,02	0,68
67	339,07	340,75	3,5	24,87	1,88	13,65	329,98	0,5
68	339,25	340,75	3,5	30,78	1,7	11,73	390,58	0,36
69	339,39	340,75	3,5	20,02	1,56	10,33	220,79	0,25
70	339,5	340,75	3,5	33,55	1,45	9,28	328,91	0,22
71	339,53	340,75	3,5	39,95	1,42	9,00	365,20	0,11

*ETUDE TECHNIQUE D'AVANT-PROJET DETAILLE DU BARRAGE DE DAWANEGOMDE
PROVINCE DE KADIOGO, BURKINA FASO*

72	339,64	340,75	3,5	51,64	1,31	8,02	439,46	0,08		
73	339,67	340,75	3,5	31,14	1,28	7,76	245,60	0		
74	339,75	340,75	3,5	20,89	1,2	7,08	154,97	0,01		
75	339,74	340,75	3,5	10,2	1,21	7,16	72,64	-0,18		
76	339,93	340,75	3,5	54,91	1,02	5,65	351,81	-0,25		
77	340	340,75	3,5	19,87	0,95	5,13	107,11	-0,5		
78	340,25	340,75	3,5	39,36	0,7	3,43	168,46	-0,75		
79	340,5	340,75	3,5	29,68	0,45	1,98	80,28	-0,97		
80	340,72	340,75	3,5	25,19	0,23	0,91	36,41	-1		
81	340,75	340,75	3,5	10,7	0,2	0,78	9,05			
82	340,88	340,75	3,5	25,38	0,07	0,25	13,13			
Total du volume de remblai de la Digue (m3)							15049,79			

Tableau 86: Volume remblai de la profondeur d'ancrage

VOLUME RMEBLAI AU DESSOUS DU TN ANCRAGE										
Numéro du profile	Côte TN (m)	Côte de la digue (m)	Largeur en crête (m)	Distance partielle (m)	Hauteur intermédiaire (m)	Surface intermédiaire (m2)	Volume intermédiaire (m3)	Épaisseur du décapage	m1: Fruit de talus amont	m2: Fruit de talus aval
1	341,25	340,75	3,5					0,2	0,33333333	0,33333333
2	341,15	340,75	3,5							
3	341	340,75	3,5			0,00				
4	340,75	340,75	3,5	16,1	0,5	1,83	14,76			
5	340,63	340,75	3,5	6,59	0,5	1,83	12,08			
6	340,5	340,75	3,5	8,81	0,5	1,83	16,15			
7	340,25	340,75	3,5	18,1	0,5	1,83	33,18			
8	340	340,75	3,5	23,2	0,5	1,83	42,53			
9	339,75	340,75	3,5	23,74	0,5	1,83	43,52			
10	339,59	340,75	3,5	13,3	0,5	1,83	24,38			
11	339,5	340,75	3,5	20,22	0,5	1,83	37,07			
12	339,44	340,75	3,5	23,11	0,5	1,83	42,37			

ETUDE TECHNIQUE D'AVANT-PROJET DETAILLE DU BARRAGE DE DAWANEGOMDE PROVINCE DE KADIOGO, BURKINA FASO

13	339,39	340,75	3,5	23,11	1	3,83	65,48
14	339,26	340,75	3,5	33,14	1	3,83	127,04
15	339,3	340,75	3,5	28,19	1	3,83	108,06
16	339,25	340,75	3,5	14,6	1	3,83	55,97
17	339,08	340,75	3,5	29	1	3,83	111,17
18	339	340,75	3,5	16,4	1,2	4,68	69,81
19	338,85	340,75	3,5	17,6	1,5	6,00	93,98
20	338,75	340,75	3,5	53,95	1,5	6,00	323,70
21	338,62	340,75	3,5	18,3	1,5	6,00	109,80
22	338,6	340,75	3,5	25,41	1,5	6,00	152,46
23	338,68	340,75	3,5	42,46	1,5	6,00	254,76
24	338,75	340,75	3,5	7,69	1,5	6,00	46,14
25	338,74	340,75	3,5	18	1,5	6,00	108,00
26	339	340,75	3,5	7,64	1	3,83	37,56
27	339,25	340,75	3,5	10,2	0,5	1,83	28,90
28	339,5	340,75	3,5	5,03	0,5	1,83	9,22
29	339,75	340,75	3,5	5,86	0,5	1,83	10,74
30	340	340,75	3,5	9,59	0,5	1,83	17,58
31	340,25	340,75	3,5	8,26	0,5	1,83	15,14
32	340,5	340,75	3,5	13,6	0,5	1,83	24,93
33	340,5	340,75	3,5	13,8	0,5	1,83	25,30
34	340,25	340,75	3,5	5,02	0,5	1,83	9,20

ETUDE TECHNIQUE D'AVANT-PROJET DETAILLE DU BARRAGE DE DAWANEGOMDE PROVINCE DE KADIOGO, BURKINA FASO

35	340	340,75	3,5	5,19	0,5	1,83	9,52
36	339,75	340,75	3,5	4,83	0,5	1,83	8,86
37	339,5	340,75	3,5	5,03	0,5	1,83	9,22
38	339,25	340,75	3,5	5,02	1	3,83	14,22
39	339	340,75	3,5	5	1	3,83	19,17
40	338,75	340,75	3,5	5	2	8,33	30,42
41	338,6	340,75	3,5	2,27	2	8,33	18,92
42	338,5	340,75	3,5	2,98	2	8,33	24,83
43	338,25	340,75	3,5	4,76	2	8,33	39,67
44	338	340,75	3,5	7,31	2	8,33	60,92
45	337,75	340,75	3,5	9,34	2,5	10,83	89,51
46	337,5	340,75	3,5	9,79	3	13,50	119,11
47	337,4	340,75	3,5	3,68	3	13,50	49,68
48	336,85	340,75	3,5	6,61	3	13,50	89,24
49	337,37	340,75	3,5	4,21	3	13,50	56,84
50	337,5	340,75	3,5	5,17	2,5	10,83	62,90
51	337,75	340,75	3,5	11,25	2	8,33	107,81
52	338	340,75	3,5	18,11	2	8,33	150,92
53	338,25	340,75	3,5	7,75	2	8,33	64,58
54	338,38	340,75	3,5	8,75	1	3,83	53,23
55	338,25	340,75	3,5	10	1	3,83	38,33
56	339	340,75	3,5	13,7	1	3,83	52,52

ETUDE TECHNIQUE D'AVANT-PROJET DETAILLE DU BARRAGE DE DAWANEGOMDE PROVINCE DE KADIOGO, BURKINA FASO

57	339,25	340,75	3,5	4,61	1	3,83	17,67
58	339,5	340,75	3,5	5,24	1	3,83	20,09
59	339,75	340,75	3,5	12,9	1	3,83	49,45
60	339,75	340,75	3,5	17	1	3,83	65,17
61	339,5	340,75	3,5	20,06	1	3,83	76,90
62	339,25	340,75	3,5	10,8	1	3,83	41,40
63	339,13	340,75	3,5	22,38	1	3,83	85,79
64	339,11	340,75	3,5	19,98	1	3,83	76,59
65	339,15	340,75	3,5	20,98	1	3,83	80,42
66	339,14	340,75	3,5	11,3	1	3,83	43,32
67	339,07	340,75	3,5	24,87	1	3,83	95,34
68	339,25	340,75	3,5	30,78	1	3,83	117,99
69	339,39	340,75	3,5	20,02	0,5	1,83	56,72
70	339,5	340,75	3,5	33,55	0,5	1,83	61,51
71	339,53	340,75	3,5	39,95	0,5	1,83	73,24
72	339,64	340,75	3,5	51,64	0,5	1,83	94,67
73	339,67	340,75	3,5	31,14	0,5	1,83	57,09
74	339,75	340,75	3,5	20,89	0,5	1,83	38,30
75	339,74	340,75	3,5	10,2	0,5	1,83	18,70
76	339,93	340,75	3,5	54,91	0,5	1,83	100,67
77	340	340,75	3,5	19,87	0,5	1,83	36,43
78	340,25	340,75	3,5	39,36	0,5	1,83	72,16

*ETUDE TECHNIQUE D'AVANT-PROJET DETAILLE DU BARRAGE DE DAWANEGOMDE PROVINCE DE KADIOGO, BURKINA
FASO*

79	340,5	340,75	3,5	29,68	0,5	1,83	54,41	
80	340,72	340,75	3,5	25,19	0,5	1,83	46,18	
81	340,75	340,75	3,5	10,7	0,5	1,83	19,62	

Total du volume de remblai d'Ancrage(m3)	4741,22
---	----------------

➤ **Métre du barrage de DAWANEGOMDE.**

Tableau 87: Métre du barrage de DAWANEGOMDE

N°	Désignation	Unité	Quantité	Prix unitaire	Prix total
I	Amenée et repli du matériel, installations du chantier				
1	Amenée et repli du matériel	ff	1	9979395	9979395
2	Installations du chantier	ff	1	2750000	2750000
	Total I				12729395
II	Tranchée d'ancrage et fondation				
104	Déblai aux engins pour tranchée d'ancrage	m ³	5 388,09	2000	10776180
107	Remblai argileux compacté aux engins pour tranchée d'ancrage	m ³	5 388,09	6000	32328540
	Total II				43104720
III	Digue				
101	Débroussaillage-décapage de l'emprise de la digue	ff	1,00	2250000	2250000
103	Déblai aux engins pour drain aval et butée amont	m ³	874,31	2000	1748620
106	Déblai à la main à travers remblai pour mur de crête amont et aval	m ³	582,88	2500	1457200
107	Remblai argileux compacté aux engins pour digue	m ³	13 661,84	5500	75140120
108	Couche de couronnement latéritique pour crête	m ³	816,03	6000	4896180
109	Couche de pose sur les talus amont et aval	m ³	753,85	4500	3392325
110	Filtre	m ³	62,91	4500	283095
111	Perré sec sur les talus amont et aval	m ²	7 538,55	8500	64077675

*ETUDE TECHNIQUE D'AVANT-PROJET DETAILLE DU BARRAGE DE DAWANEGOMDE
PROVINCE DE KADIOGO, BURKINA FASO*

112	Perré maçonné sur le talus amont sur 5 m de part et d'autre du déversoir	m ²	43,6	125000	5450000
113	Enrochement rangé à la main pour butée et drain	m ³	874,31	15000	13114650
114	Maçonnerie de moellons pour mur de crête amont et aval	m ³	582,88	40000	23315200
	Total III				195125065
IV	Déversoir poids en beton				
103	Déblai aux engins pour chenal (sur 30 m) et mise en dépôt des produits de déblai	m ³	2 532,00	2200	5570400
103	Déblai aux engins pour bassin de dissipation	m ³	230,4	90000	20736000
105	Déblai à la main pour butée du talus amont et bêche du talus aval	m ³	105	15000	1575000
106	Déblai à la main à travers le remblai pour ancrage du radier de la crête	m ³	15	2500	37500
109	Couche de pose sur le talus amont	m ³	56,34	4500	253530
110	Filtre sous talus aval et bassin de dissipation (ép.: 0,10)	m ³	141,09	150000	21163500
112	Perré maçonné sur le talus amont	m ²	563,37	12500	7042125
114	Maçonnerie de moellons pour butée amont	m ³	30	40000	1200000
201	Béton de propreté (ép.: 5 cm) pour radier de crête, bêche de pied du talus aval, bêche aval et des éléments du bassin	m ³	27	85000	2295000
202	Béton ordinaire dosé à 300 kg/m ³ pour bassin de dissipation, blocs de chute et chicanes	m ³	400,06	130000	52007800

*ETUDE TECHNIQUE D'AVANT-PROJET DETAILLE DU BARRAGE DE DAWANEGOMDE
PROVINCE DE KADIOGO, BURKINA FASO*

204	Béton coulé à plat dosé à 350 kg/m ³ pour crête	m ³	72	150000	10800000
205	Béton coulé en élévation dosé à 350 kg/m ³ pour bèches de la crête, ancrage du talus aval et éléments du bassin de dissipation	m ³	64	150000	9600000
206	Béton armé coulé en inclinaison dosé à 350 kg/m ³ pour talus aval	m ³	138,18	150000	20727000
301	Joints bitumineux	m	470	10000	4700000
304	Tuyau PVC D50 pour barbacanes du bassin de dissipation et éjecteurs du talus aval	m	65,28	1000	65280
305	Fourniture et pose de gabions métalliques posés 2*1*0,50 y compris déblai	m ³	360	40000	14400000
206	Béton ordinaire dosé à 300 kg/m ³ pour protection des balises	m ³	5,25	130000	682500
210	Balises en béton armé dosé à 350 kg/m ³ H=1,50 m D=200 mm	u	4	150000	600000
404	Balises en IPN100 et tube galva de 1,50 m de hauteur à tous les 3 m et accessoires de fixation, peints en rouge et blanc	m	123	90000	11070000
405	Gardes fous métalliques en tubes galva D50 soudés aux balises peints en rouge et blanc	m	480	50000	24000000
	Total IV				208525635
V	Diguettes de protection				
102	Débroussaillage-décapage (ép. moy 20 cm)	m ²	810	1000	810000
103	Déblai aux engins pour drain et butée	m ³	45	2000	90000

*ETUDE TECHNIQUE D'AVANT-PROJET DETAILLE DU BARRAGE DE DAWANEGOMDE
PROVINCE DE KADIOGO, BURKINA FASO*

107	Remblai argileux compacté aux engins pour corps de diguettes	m ³	607,5	5500	3341250
108	Couche de couronnement pour crête	m ³	36	4000	144000
109	Couche de pose sur les talus amont et aval	m ³	40,25	4500	181125
111	Perré sec sur le talus aval	m ²	201,25	8500	1710625
112	Perré maçonné sur le talus amont	m ²	201,25	12500	2515625
113	Enrochement à la main pour butée et drain	m ³	45	3500	157500
	Total V				8950125
VI	Ouvrage de prise et de vidange				
105	Déblai à la main en terre meuble pour bacs amont et aval , enrochement autour des bacs amont et aval et plate formes	m ³	27,04	3500	94640
106	Déblai à la main à travers le remblai pour conduite et écrans anti renard	m ³	14,54	3500	50890
113	Enrochements rangés à la main autour du bac amont et plate forme (ép.: 0,25)	m ³	4,78	5000	23900
114	Maçonnerie de moellons pour escaliers d'accès	m ³	4,47	40000	178800
201	Béton de propreté dosé à 150 kg/m ³ pour bacs amont, aval et conduite	m ³	2,22	50000	111000
202	Béton ordinaire vibré dosé à 300 kg/m ³ pour enrobage de la conduite y compris coffrages	m ³	7,65	130000	994500
204	Béton armé vibré dosé à 350 kg/m ³ coulé à plat pour bacs y compris coffrages et ferrailages	m ³	2,12	150000	318000

*ETUDE TECHNIQUE D'AVANT-PROJET DETAILLE DU BARRAGE DE DAWANEGOMDE
PROVINCE DE KADIOGO, BURKINA FASO*

205	Béton armé vibré dosé à 350 kg/m ³ coulé en élévation pour bacs et écrans AR y compris coffrages et ferrillages	m ³	12,99	150000	1948500
402	Echelle de descente en fer T12 dans les bacs amont et aval	u	3	100000	300000
403	Grille de protection des bacs amont et aval en fer HA 12 avec cadenas	u	2	150000	300000
507	Conduite en fonte D 350 et accessoires	m	18	200000	3600000
511	Robinet vanne DN 350 et accessoires	u	1	5000000	5000000
513	Crépine DN 350 et accessoires (de fabrication locale)	u	1	125000	125000
	Total VI				13045230
VII	Dispositif de suivi du plan d'eau dans le barrage				
401	Echelle limnimétrique par unité de 1 m fabriquée en usine	m	3,38	150000	507000
	Total VII				507000
	Total (1+2+3+4+5+6+7)				481987170

**ETUDE TECHNIQUE D'AVANT-PROJET DETAILLE DU BARRAGE DE DAWANEGOMDE
PROVINCE DE KADIOGO, BURKINA FASO**

➤ **Rapport des études géotechniques.**

Tableau 88: fiche 1 du rapport géotechnique

Labo BECOHA

FICHE TECHNIQUE REGROUPANT LES RESULTATS D'ESSAIS
--

GID Conseils

DOSSIER: Barrage de
DAWANEGOMBE

Date: avril
2015

Sondage	profondeur en cm	Analyse granulométrique % de passant au tamis de				Taux de dispersion en %	teneur en eau naturelle %	Limite d'atterberg			proctor normal		coeff, de perméabilité cm/s	Classification USCS
		5m	2m	80 μ	2μ			LL %eau	LP %eau	IP %eau	Ds Op n TM ^3	W Op n %eau		
		m	m	μ	μ			u	eau	eau		u		
Fondation digue														
F1	20-80	95,5	91,5	70	37,5			36,3	17,8	18,5			Argile moyenn, plastique	
F2	30-160	97	91,5	71	40			36,6	17,5	19,1			Argile moyenn, plastique	
F3	110-220	97	94,5	68	38			32	17,3	14,7			Argile peu plastique	
F4	30-200	100	100	81,5	38,5			32	13,6	18,4			Argile peu plastique	
F4	250-300	73	59,5	46	29			39,6	17,5	22,1			Grave argileuse	
F5	50-150	99,5	98,5	73,5	35,5			29,9	14,5	15,4			Argile peu plastique	
F6	100-200	98	96	75	37			32,6	16	16,6			Argile peu plastique	
F7	30-120	97	92	67,5	40,5			38,2	20,2	18			Argile moyenn, plastique	

Bureau d'Etudes et de contrôle des ouvrages Hydro-agricole et Annexes (BECOHA)

**ETUDE TECHNIQUE D'AVANT-PROJET DETAILLE DU BARRAGE DE DAWANEGOMBE
PROVINCE DE KADIOGO, BURKINA FASO**

Tableau 89: Fiche 2 du rapport géotechnique.

Labo BECOHA		FICHE TECHNIQUE REGROUPANT LES RESULTATS D'ESSAIS						Date: avril 2015		GID Conseils				
DOSSIER: Barrage de DAWANEGOMBE														
Sonda ge	profon deur en cm	Analyse granulométrique				Taux de disp ersion en %	ten eur en eau naturel le %	Limite d'atterberg			proctor normal		coeff, de perm éabili té cm/s	Classificat ion USCS
		% de passant au tamis de						LL %eau	LP % eau	IP % eau	DsO pn	W Op n		
		5mm	2 m m	80μ	2μ									
Zone d'emprunt d'argile														
E1	30-150	98,5	96,5	62,5	35	28,6	35,8	14,4	21,4				Argile moyennt, plastique	
E2	40-150	96,5	93,5	58,5	28	23,2	30	13,8	16,2				Argile moyennt, plastique	
E3	20-150	100	98,5	65,5	32,5	13,8	32,8	14,6	18,2				Argile peu plastique	
E4	30-150	100	100	88	41,5	51,8	32,6	16,1	16,5				Argile peu plastique	
E5	15-100	94	90	73	48,5	10,3	40	20,9	19,1				Grave argileuse	
E6	30-150	98	96	67	36	12,5	42,8	18,4	24,4				Argile peu plastique	
E7	30-150	96,5	94,5	73,5	46	8,7	40,7	15,8	24,9				Argile peu plastique	
E8	30-150	95	91	60	28	37,5	30,7	14,6	16,1				Argile moyennt, plastique	

**ETUDE TECHNIQUE D'AVANT-PROJET DETAILLE DU BARRAGE DE DAWANEGOMDE
PROVINCE DE KADIOGO, BURKINA FASO**

E1+E2 +E3										1,82	15		
E4+E5 +E6										1,72 5	16, 4	1,4*1 0^7	
E7+E8										1,85	13, 4	1,7*1 0^8	
Emprunt de graveleux latéritique													
L1	0-80	58	29 ,5	12,5						24,1	16,5	7,8	Grave limoneus e
L2	0-80	54,5	33 ,5	24,5						37,8	22,1	15, 7	Grave argileuse
L3	0-70	61	39	28,5						32,3	18,8	13, 5	Grave argileuse
L4	0-70	49,5	30	15						19,2	13,6	5,6	Grave limoneus e
Gravier latéritique roulé													
	2									coeff, FD=19 ,5			Grave propre mal graduée

Bureau d'Etudes et de contrôle des ouvrages Hydro-agricole et Annexes (BECOHA)

**LABO
BECOHA**

FICHE TECHNIQUE REGROUPANT LES RESULTATS D'ESSAIS
--

**GID
Conseil
s**

DOSSIER: Barrage de
DAWANEGOMDE

Date: avril 2015

Sondage	profondeur en cm	Cisaillement direct				proctor normal		pression préconsolid en bar	coef ficient com pres s,	poids spécifi que en g/cm ³
		angle UU	cohésion UU	angl e CU	cohé sion CU	ou densité in situ				
						Ds Opn	W Opn			
		en °	KN/m ²	en °	KN/ m ²	KN/m ³	% eau			

*ETUDE TECHNIQUE D'AVANT-PROJET DETAILLE DU BARRAGE DE DAWANEGOMDE
PROVINCE DE KADIOGO, BURKINA FASO*

Fondation digue									
F4	100	19	52,01	31	19,17	19,71	13		
F5	100	26	13,2	32	12,9	18,83	11,4		
Zone d'emprunt d'argile									
E4+E5+E6		23	36,59	31	11,96	95% OPN			
E7+E8		15	22,73	28,5	7,39	95% OPN			

Bureau d'Etudes et de contrôle des ouvrages Hydro-agricole et Annexes (BECOHA)

ANNEXE VI : CARTES ET PLAN

