

MINISTERE DE
L'ENVIRONNEMENT, DE L'EAU
ET DE L'ASSAINISSEMENT

=====

SECRETARIAT GENERAL

=====

PROGRAMME
D'APPROVISIONNEMENT EN
EAU ET D'ASSAINISSEMENT

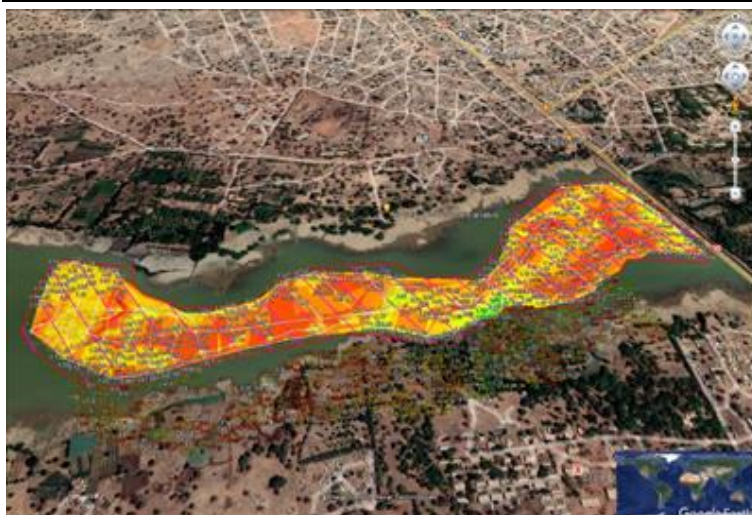


BURKINA FASO

=====

Unité – Progrès – Justice

ETUDES BATHYMETRIQUES DE QUATRE-VINGT-CINQ (85) RETENUES D'EAU DU BURKINA FASO AU PROFIT DU PROGRAMME D'APPROVISIONNEMENT EN EAU ET D'ASSAINISSEMENT (PAEA) - LOT 4



RAPPORT DEFINITIF

Version N°...

Soumis le :

Juin 2023

Approuvé le :



TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES FIGURES	ii
LISTE DES TABLEAUX	v
LISTE DES ABREVIATIONS	vii
1 INTRODUCTION	8
1.1 Contexte	8
1.2 Objectif de l'étude	9
1.3 Résultats attendus	9
1.4 Mandat du consultant	9
2 APERCU DE LA ZONE D'ETUDE	10
2.1 Description sommaire de la zone d'étude	10
2.1.1 Région du Centre	10
2.1.2 Région du Centre-Ouest	12
2.2 Localisation des retenues dans la zone d'étude	14
3 DEMARRAGE DE L'ETUDE ET BILAN PRELEMINAIRE	17
3.1 Rencontre de cadrage	17
3.2 Visite et remise des sites	17
3.3 Collecte des données existantes	26
3.4 Bilan préliminaire	26
4 MATERIELS	26
4.1 Matériels pour les levés Topographiques	26
4.2 Matériels pour les levés bathymétriques	26
5 APPROCHE METHODOLOGIQUE	34
5.1 Activités préliminaires	35
5.2 Études topographiques et bathymétriques	35
5.2.1 Les levés topographiques	36
5.2.2 Activités bathymétriques	39
5.3 étude des cuvettes et établissement des courbes hauteurs-volumes et hauteurs-surfaces	40
5.3.1 Études des cuvettes	40
5.3.2 Méthode d'établissement des courbes Hauteurs-Volumes-Surfaces	40

5.4	Méthodologie de délimitation des bassins versants	41
5.5	Méthodologie d'estimation des dépôts solides dans les cuvettes	41
5.5.1	Méthode empirique	41
5.5.2	Calcul matriciel par l'échosondeur et Hydromagic	42
6	RESULTATS ET INTERPRETATIONS	50
6.1	ETUDES BATHYMETRIQUES	50
6.1.1	Levés bathymétriques et détermination des semis de points	50
6.1.2	Taux de sédiments des barrages	51
6.2	Capacité des retenues	73
6.3	Délimitation des bassins versants	75
6.4	Etude des apports de sédiments par les méthodes empiriques	85
6.5	Analyse comparée des valeurs des dépôts solides (Méthode empirique et bathymétrie)	86
6.6	Études des cuvettes et estimation des capacités des retenues	88
6.6.1	Estimation des volumes des retenues	88
6.6.2	Établissement des courbes hauteurs-volumes-surfaces	89
6.7	Les cartes bathymétriques	126
7	TRANSFERT DE COMPETENCE	137
7.1	Transfert de connaissance par formation	137
7.2	Transfert de connaissance par la pratique	138
8	CONCLUSION	140
ANNEXES		141

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation géographique des retenues d'eau objet de l'étude	16
Figure 2 : Récepteur GNSS CHCNAV	30
Figure 3 : échosondeur EKO EU D032	31
Figure 4 : Fiche caractéristique de l'échosondeur EKO EU D032	33
Figure 5 : travaux de levé bathymétrie avec l'échosondeur EKO EU D032	34
Figure 6 : Illustration des travaux topographiques	37
Figure 7 : Configuration du levé des digues sans mur parapet	38
Figure 8 : Configuration du levé des digues avec mur parapet	39
Figure 9 : matrice de couleurs générée à l'aide du TIN	44
Figure 10 : Exemple de calcul de volume (en "mode profondeur")	44
Figure 11 : Délimitation de la retenue	46
Figure 12 : calcul des volumes	46
Figure 13 : Exemple de calcul de volume	47
Figure 14 : Travaux de lever bathymétrie couplé échosondeur EKO EU D032 et récepteur GNSS	50
Figure 15 : semis de Points	51
Figure 16 : Bassin versant du barrage de EKOULKOALA	75
Figure 17 : Bassin versant du barrage de ARZOUMBONGO	76
Figure 18 : Bassin versant du barrage de GASKAYE	76
Figure 19 : Bassin versant du barrage de BOURA	77
Figure 20 : Bassin versant du barrage de LOU	77
Figure 21 : Bassin versant du barrage de KALZI	78
Figure 22 : Bassin versant du barrage de NAGBANGRE	78
Figure 23 : Bassin versant du barrage de NABAZANA	79
Figure 24 : Bassin versant du barrage N°3 de OUAGA	79
Figure 25 : Bassin versant du barrage N°2 de OUAGA	80
Figure 26 : Bassin versant du barrage de KAONGO	80
Figure 27 : Bassin versant du barrage de PABRE VILLE	81
Figure 28 : Bassin versant du barrage de SALBISGO	81
Figure 29 : Bassin versant du barrage de SAVILI	82
Figure 30 : Bassin versant du barrage de SOAW	82

Figure 31 : Bassin versant du barrage de SEBOUN	83
Figure 32 : Bassin versant du barrage de TANGHIN YAKIN	83
Figure 33 : Bassin versant du barrage de TANSOBENTANGA	84
Figure 34 : Bassin versant du barrage de WEDBILA	84
Figure 35 : Bassin versant du barrage de WOBZOUYOU	85
Figure 36 : courbes hauteur-Volume et Hauteur surface du barrage de BOURA	91
Figure 37 : courbes hauteur-Volume et Hauteur surface du barrage de ARZOUOMBONGO	93
Figure 38 : courbes hauteur-Volume et Hauteur surface du barrage de EKOULKOALA	95
Figure 39 : courbes hauteur-Volume et Hauteur surface du barrage de GASKAYE	97
Figure 40 : courbes hauteur-Volume et Hauteur surface du barrage de KALZI	99
Figure 41 : courbes hauteur-Volume et Hauteur surface du barrage de KAONGO	101
Figure 42 : courbes hauteur-Volume et Hauteur surface du barrage de LOU	103
Figure 43 : courbes hauteur-Volume et Hauteur surface du barrage de NABAZANA	105
Figure 44 : courbes hauteur-Volume et Hauteur surface du barrage de NAGBANGRE	106
Figure 45 : courbes hauteur-Volume et Hauteur surface du barrage de OUAGA 3	108
Figure 46 : courbes hauteur-Volume et Hauteur surface du barrage de OUAGA 2	109
Figure 47 : courbes hauteur-Volume et Hauteur surface du barrage de PABRE	111
Figure 48 : courbes hauteur-Volume et Hauteur surface du barrage de SALBISGO	113
Figure 49 : courbes hauteur-Volume et Hauteur surface du barrage de SAVILI	114
Figure 50 : courbes hauteur-Volume et Hauteur surface du barrage de SEBOUN	116
Figure 51 : courbes hauteur-Volume et Hauteur surface du barrage de SOAW	118
Figure 52 : courbes hauteur-Volume et Hauteur surface du barrage de TANGHIN YAKIN	119
Figure 53 : courbes hauteur-Volume et Hauteur surface du barrage de TANSOBENTANGA	121
Figure 54 : courbes hauteur-Volume et Hauteur surface du barrage de WEDBILA	123
Figure 55 : courbes hauteur-Volume et Hauteur surface du barrage de WOBZOUYOU	125
Figure 56 : Carte bathymétrique du barrage de EKOULKOALA	126
Figure 57 : Carte bathymétrique du barrage de ARZOUOMBONGO	127
Figure 58 : Carte bathymétrique du barrage de GASKAYE	127
Figure 59 : Carte bathymétrique du barrage de BOURA	128
Figure 60 : Carte bathymétrique du barrage de LOU	128
Figure 61 : Carte bathymétrique du barrage de KALZI	129
Figure 62 : Carte bathymétrique du barrage de NAGBANGRE	129

Figure 63 : Carte bathymétrique du barrage de NABAZANA	130
Figure 64 : Carte bathymétrique du barrage N°3 de OUAGA	130
Figure 65 : Carte bathymétrique du barrage N°2 de OUAGA	131
Figure 66 : Carte bathymétrique du barrage de KAONGO	131
Figure 67 : Carte bathymétrique du barrage de PABRE VILLE	132
Figure 68 : Carte bathymétrique du barrage de SALBISGO	132
Figure 69 : Carte bathymétrique du barrage de SAVILI	133
Figure 70 : Carte bathymétrique du barrage de SOAW	133
Figure 71 : Carte bathymétrique du barrage de SEBOUN	134
Figure 72 : Carte bathymétrique du barrage de TANGHIN YAKIN	134
Figure 73 : Carte bathymétrique du barrage de TANSOBENTANGA	135
Figure 74 : Carte bathymétrique du barrage de WEDBILA	135
Figure 75 : Carte bathymétrique du barrage de WOBZOUYOU	136
Figure 76 : Quelques photos des séances pratiques avec les agents des directions régionales du Centre et du Centre-Ouest	139

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Retenues d'eau concernées par l'étude	14
Tableau 2 : Période de la visite de reconnaissance des sites	17
Tableau 3 : Récapitulatif des observations faites lors de la visite de reconnaissance des sites	19
Tableau 4 : Volume de sédiments des retenues	73
Tableau 5 : Comparaison des capacités de chaque retenue avant et après les études bathymétriques	74
Tableau 6 : Estimations des dépôts solides dans les cuvettes par les méthodes empiriques	85
Tableau 7 : Synthèse des dépôts solides dans les cuvettes des barrages	86
Tableau 8 : Illustrations de la disparité des dépôts solides observés (Source : EIER, 1995-1998)	88
Tableau 9 : Volumes des retenues d'eau	88
Tableau 10 : Tableau d'étalonnage des courbes Hauteur-Volume-Surface du barrage de BOURA	90
Tableau 11 : Tableau d'étalonnage des courbes Hauteur-Volume-Surface du barrage de ARZOUMBONGO	91
Tableau 12 : Tableau d'étalonnage des courbes Hauteur-Volume-Surface du barrage de EKOULKOALA	93
Tableau 13 : Tableau d'étalonnage des courbes Hauteur-Volume-Surface du barrage de GASKAYE	95
Tableau 14 : Tableau d'étalonnage des courbes Hauteur-Volume-Surface du barrage de KALZI	97
Tableau 15 : Tableau d'étalonnage des courbes Hauteur-Volume-Surface du barrage de KAONGO	99
Tableau 16 : Tableau d'étalonnage des courbes Hauteur-Volume-Surface du barrage de LOU	101
Tableau 17 : Tableau d'étalonnage des courbes Hauteur-Volume-Surface du barrage de NABAZANGA	103
Tableau 18 : Tableau d'étalonnage des courbes Hauteur-Volume-Surface du barrage de NAGBANGRE	105
Tableau 19 : Tableau d'étalonnage des courbes Hauteur-Volume-Surface du barrage de OUAGA 3	106
Tableau 20 : Tableau d'étalonnage des courbes Hauteur-Volume-Surface du barrage de OUAGA 2	108
Tableau 21 : Tableau d'étalonnage des courbes Hauteur-Volume-Surface du barrage de PABRE	110
Tableau 22 : Tableau d'étalonnage des courbes Hauteur-Volume-Surface du barrage de SALBISGO	111
Tableau 23 : Tableau d'étalonnage des courbes Hauteur-Volume-Surface du barrage de SAVILI	113
Tableau 24 : Tableau d'étalonnage des courbes Hauteur-Volume-Surface du barrage de SEBOUN	115
Tableau 25 : Tableau d'étalonnage des courbes Hauteur-Volume-Surface du barrage de SOAW	117
Tableau 26 : Tableau d'étalonnage des courbes Hauteur-Volume-Surface du barrage de TANGHIN YAKIN	118
Tableau 27 : Tableau d'étalonnage des courbes Hauteur-Volume-Surface du barrage de TANSOBENTANGA	120

Tableau 28 : Tableau d'étalonnage des courbes Hauteur-Volume-Surface du barrage de WEDBILA_____ 121

Tableau 29 : Tableau d'étalonnage des courbes hauteur-Volume-surface du barrage de WOBZOUYOU 123

LISTE DES ABREVIATIONS

BFTM	: Burkina Faso Transverse Mercator
CORS	: Stations de Référence à Fonctionnement Continu – Continuously Operating Reference Stations
EU	: Etats Unis
FIT	: Front Inter Tropical
GNSS	: Global Navigation Satellite System (Système Global de Positionnement par Satellites)
GPS	: Global Positioning System
IDA	: Association internationale de développement
IGB	: Institut Géographique du Burkina Faso
ITRF	: International Terrestrial Reference Frame (Repère International de Référence Terrestre)
ITRS	: International Terrestrial Reference System
MNT	: Modèle Numérique de Terrain
ONEA	: Office National de l'Eau et de l'Assainissement
PAEA	: Programme d'Approvisionnement en Eau et d'Assainissement
PEN	: Plan d'Eau Normal
PHE	: Plus Hautes Eaux
TN	: Terrain Naturel

1 INTRODUCTION

1.1 CONTEXTE

La durabilité des ressources en eau est une préoccupation majeure au Burkina Faso. Les ressources en eau jouent un rôle central dans la production d'hydroélectricité, l'agriculture, la pêche, l'approvisionnement en eau domestique et l'industrie. Avec 852 m³ par an et par personne, le volume de ressources en eau renouvelables disponible par habitant au Burkina Faso est parmi les plus faibles au monde et est en dessous du seuil de rareté de l'eau de 1000 m³ par an et par personne. Les conditions hydrogéologiques et la topographie plane font qu'une grande partie des précipitations n'est pas disponible, causant une incidence majeure sur la disponibilité de l'eau. Alors que le pays est traversé par cinq principaux cours d'eau transfrontaliers (le Mouhoun, le Nazinon, le Nakambé, la Comoé et la Pendjari), seuls deux d'entre eux sont permanents. Environ 80% du pays est couvert par le socle cristallin où les aquifères offrent généralement de faibles débits. Le pays compte plus d'un millier de retenues d'eau dont le volume liquide réel est mal connu du fait des phénomènes d'envasement et d'ensablement très avancés au Burkina Faso. Cette situation entraîne de facto une réduction drastique de la quantité d'eau mobilisable et un tarissement précoce des retenues.

En outre, la croissance rapide de la population, la dégradation de l'environnement et la pollution des ressources en eau aggravent la vulnérabilité des ressources en eau du Burkina Faso. La prise de décision fondée sur des données factuelles, y compris pour l'allocation des ressources en eau entre les usages, est entravée par une connaissance insuffisante, non fiable de la quantité des ressources en eaux de surface.

Face à cette situation, le Gouvernement du Burkina Faso a mis en place avec l'appui de la Banque mondiale, un Programme d'Approvisionnement en Eau et d'Assainissement (PAEA).

L'un des domaines de résultats du PAEA porte sur la connaissance des ressources en eau du pays. Afin d'avoir une meilleure connaissance de la ressource en eau du Burkina, notamment des eaux de surface, le PAEA à travers le Ministère en charge de l'Eau et de l'Assainissement a lancé les études bathymétriques de 85 retenues d'eau. Le Groupement FASO INGENIERIE / HYDROCONSULT Int a été retenu pour les études bathymétriques de 20 retenues d'eau dans les régions du centre et du Centre-Ouest.

La présente production représente le rapport provisoire de nos travaux.

1.2 OBJECTIF DE L'ÉTUDE

L'objectif de l'étude est de permettre au Burkina Faso d'avoir l'état réel des volumes de ses retenues d'eau en vue d'une exploitation plus efficiente. Spécifiquement, il s'agit de :

- faire un levé topographique du fond des cuvettes sous eaux ;
- faire une représentation graphique avec précision de tous les levés topographiques ;
- déterminer la capacité de stockage actuelle de ces retenues concernées ;
- évaluer les volumes de dépôts de sédiments ;
- établir les courbes Hauteurs-Volumes et Hauteurs-Surfaces de chaque retenue.

1.3 RÉSULTATS ATTENDUS

Les résultats attendus de la présente étude sont les suivants :

- un levé topographique du fond des cuvettes sous eaux est réalisé ;
- une carte bathymétrique/topographique présentant le relief de la cuvette sous-eau est disponible ;
- la capacité de stockage réelle de chaque retenue d'eau est connue ;
- le volume de dépôt de sédiments est évalué ;
- les courbes Hauteurs-Volumes et Hauteurs-Surfaces de chaque retenue d'eau sont établies.

1.4 MANDAT DU CONSULTANT

Il s'agit pour le consultant de réaliser des travaux bathymétriques de vingt (20) retenues d'eau dans les régions du Centre et du Centre-Ouest.

Les travaux peuvent se résumer aux points ci-dessous :

- la reconnaissance des sites des barrages ;
- la délimitation du réservoir du barrage ;
- la division du réservoir en section ;
- la détermination des points de mesure pour chaque section ;
- la détermination du niveau du déversoir ;
- l'établissement du profil bathymétrique ;
- la collecte d'informations sur les ouvrages ;
- le rattachement au système géodésique national ;
- l'établissement des courbes hauteurs volumes et hauteurs surface,

-
- la détermination des capacités des retenues ;
 - l'évaluation du volume des sédiments
 - la réalisation des cartes bathymétriques de chaque retenue.

2 APERCU DE LA ZONE D'ETUDE

Les retenues concernées par la présente étude se trouvent dans les régions du Centre et du Centre-Ouest.

2.1 DESCRIPTION SOMMAIRE DE LA ZONE D'ÉTUDE

2.1.1 RÉGION DU CENTRE

2.1.1.1 Cadre administratif

Le chef-lieu de la Région du Centre est la ville de Ouagadougou qui est aussi la capitale politique du Burkina Faso.

La province du Kadiogo est située dans la Région du Centre et constitue la seule et unique province de cette Région. La province du Kadiogo comprend 7 départements : Komki-Ipala, Komsilga, Koubri, Ouagadougou, Pabré, Saaba, Tanghin-Dassouri.

2.1.1.2 Cadre physique

2.1.1.2.1 Climat

Le climat de la Région du Centre est de type Soudano-Sahélien. Il est conditionné par les oscillations annuelles du Front Inter Tropical (FIT) qui représente la zone de contact entre l'air sec continental du Nord et l'air humide de la mousson du sud. Le mouvement du FIT est irrégulier sur le plan interannuel et spatial. C'est ce qui détermine le cycle saisonnier et la durée des saisons.

- Une saison pluvieuse qui s'étale de juin /juillet à septembre / octobre. Elle est constamment instable.
- Une saison sèche qui dure 9 mois.

Les moyennes pluviométriques annuelles se situent entre 600 et 800 mm. Les mois de juillet et août sont les mois les plus pluvieux avec environ 60 % des précipitations totales. Les températures varient entre 17° et 42°C en fonction de la saison.

2.1.1.2.2 Relief

Le relief de la région du Centre n'est pas très accidenté. Il est constitué en grande partie d'une pénéplaine peu élevée. De façon spécifique, la zone est composée de deux grands ensembles topographiques :

- une plaine ayant une altitude moyenne de 300 m ;

-
- des bas-fonds ayant une altitude moyenne de 200 m.

La structure géologique se présente comme suit :

- les migmatites et granites indifférenciés mis en place pendant l'anté birimien;
- les métas volcanites neutres à basiques, mises en place pendant le birimien.

2.1.1.2.3 Sols

Les types de sols rencontrés dans les six communes de la région du Centre sont : lithosols sur cuirasse ferrugineuse ; sols bruns eutrophes, riches ; sols ferrugineux tropicaux lessivés, appauvris ; sols peu évolués d'érosion gravillonnaire, pauvres ; sols sodiques hydromorphes, riches et vertisols à drainage externe possible, riches.

Les sols ferrugineux tropicaux lessivés ou appauvris sont les plus rencontrés dans les sept (07) communes rurales et occupent plus de 79% de la superficie des communes. Il est à noter que la commune de Ouagadougou est essentiellement couverte par ce type de sols.

Les sols des six communes rurales tout comme l'ensemble de la région du centre restent majoritairement inaptes à l'agriculture (certaines variétés vivrières), mais ceci ne prend pas en compte les utilisations alternatives des sols (aspects pastoraux, sylvicoles, socio-économiques). En outre, il n'est pas exclu que la combinaison de certains paramètres (choix de la culture, ensemble du paquet technologique utilisé, conditions climatiques) produise des effets positifs inattendus au plan agricole.

2.1.1.2.4 Hydrographie

La région du Centre est drainée par un réseau hydrographique dense constitué essentiellement de bas-fonds et d'affluents périodiques. Ce sont des cours d'eau à régime pluvial tropical, fortement tributaire des précipitations. Les communes de la région disposent de faibles potentialités en matière de ressources hydrogéologiques en raison de la structure géologique fortement dominée par les plutoniques et métamorphiques.

Les plans d'eau constituent un atout certain, car ils répondent à des préoccupations de l'hydraulique urbaine, pastorale et agricole.

2.1.1.2.5 Végétation

La végétation des communes rurales est typique à celle de l'ensemble de la province du Kadiogo qui est caractérisée par la prédominance des formations ouvertes de type savane avec un tapis herbacé plus ou moins continu.

On rencontre plusieurs types de formations végétales :

-
- une savane arbustive;
 - une savane herbeuse ;
 - une formation de type forestière mixte semi caducifoliée en raison de la présence marquée de l'eau.

Cependant, divers facteurs tels que le type de sols, la présence d'humidité, l'interférence humaine, etc. entraînent des variations dans la composition et la répartition des formations végétales. C'est ainsi que la présence d'humidité le long des cours d'eau a favorisé le développement de galeries forestières.

De même, l'action anthropique entraîne des dégradations importantes : défrichements, prélèvements de bois, pâturages, etc. Surtout dans les environs des zones urbaines ou fortement peuplées. Les espèces les plus souvent rencontrées dans ces formations sont : *Butyrospermum paradoxum* (karité), *Lannea microcarpa* (raisinier) et *Parkia biglobosa* (néré). Les autres essences résultent de la sélection plus ou moins consciente de la population à cause de leur intérêt. Les espèces exotiques recensées sont des espèces fruitières domestiques comme les manguiers plantés et entretenus par les populations sous forme de plantations villageoises, de bosquets et de plantations individuelles pour leur intérêt alimentaire et de soins (pharmacopée).

Les communes de la région du Centre, du fait de leur proximité avec Ouagadougou sont largement victimes d'une certaine pression sur certaines de ces essences et il est à craindre qu'elles ne soient détruites à terme.

De manière générale, la végétation est sujette à une constante dégradation due aux pressions anthropiques multiples et multiformes (urbanisation, exploitation forestière, élevage, agriculture, etc.).

2.1.2 RÉGION DU CENTRE-OUEST

2.1.2.1 Cadre administratif

Le chef-lieu de la Région du Centre-Ouest est la ville de Koudougou. La région comprend 4 provinces (le Boulkiemdé, le Sanguié, la Sissili et le Ziro) et 38 départements.

2.1.2.2 Cadre physique

2.1.2.2.1 Climat

Le climat de la Région du Centre-Ouest est de type Soudano-Sahélien comme celui de la Région du Centre.

2.1.2.2.2 Relief

Le relief de la Région du Centre-Ouest est globalement plat. Cependant on observe ponctuellement des passages au relief légèrement accidenté, contrastant avec l'allure générale par des élévations de buttes latéritiques. Le relief est globalement similaire à celui de la Région du Centre.

2.1.2.2.3 Sols

Les sols argilo-sableux sont très dominants ; alors que les sols argileux recouvrent les zones de dépression où se concentrent les eaux de drainage.

D'une manière générale, on distingue dans la zone, des sols à pseudo gley sériés sur matériaux argilosableux bigarrés, des lithosols sur cuirasse ferrugineuse et des sols tropicaux remaniés sur matériaux argilosableux en profondeur et des sols ferrugineux tropicaux remaniés sur matériaux argilo-sableux en profondeur et des sols peu évolués d'érosion.

2.1.2.2.4 Hydrographie

Sur le plan hydrographique on distingue l'hydrographie superficielle et l'hydrographie souterraine ou hydrogéologie.

En ce qui concerne de l'hydrographie superficielle, le réseau hydrographique rencontré est de type dendritique constitué essentiellement de petits axes de drainage alimentés par de petits bassins versants de quelques dizaines d'hectares à quelques dizaines de kilomètres carrés de superficie.

Les principaux cours d'eau rencontrés qui drainent la zone sont la Sissili avec ses affluents Assiopo, Koutiala, la Bolo et la Fanténébo.

À cette hydrographie linéaire, il faut ajouter des micro-dépressions qui sont soit naturelles, soit artificielles et les retenues d'eau.

Les micro-dépressions naturelles sont des sites de microclimats où la végétation ligneuse et aquatique est plus ou moins dense en certains endroits. Elles constituent souvent des endroits où la population y pratique un peu de riziculture. Ces micro-dépressions s'évaporent très vite. Les micro-dépressions artificielles sont constituées essentiellement d'anciennes zones d'emprunt situées à proximité des routes. Ces carrières excavées et non remises en état se remplissent d'eau en saisons pluvieuses et se vident par évaporation en saisons sèches.

Les retenues d'eau sont constituées d'aménagements maçonnés ou en terre sous forme de micro-barrage ou des mares surcreusées. Elles sont souvent utilisées par la population pour des activités agricoles de contre saison ou l'abreuvement des animaux en saisons sèches.

2.1.2.2.5 Végétation

La zone de l'étude est pratiquement dans le domaine soudanien plus précisément dans le secteur sud-soudanien. Dans la région du Centre - Ouest appartenant au contexte climatique Nord-soudanien, les groupements végétaux rencontrés sont très diversifiés dans un contexte d'écosystèmes sensibles et très fragiles.

La végétation dominante rencontrée varie de la savane arbustive à combrétacées et à *Anogeissus leiocarpus* (bouleau d'Afrique), dégradée par les feux de brousse et les pressions anthropiques (front de cultures, prélèvements pour le bois de chauffe ou le bois d'œuvre).

On rencontre également les formations végétales de savanes arborées à *Piliostigma reticulatum*, *Guiera senegalensis* et *Combretum micranthum*. Entre ces formations végétales s'étendent les zones agricoles, des jachères et des zones agroforestières situées autour des agglomérations.

Dans les zones agroforestières, les principales espèces *Vitellaria paradoxa* (karité), *Lannea microcarpa* (raisinier). On rencontre dans ces zones des *Tamarindus indica* (tamarinier) en formation en îlots ou en pieds isolés. Les galeries forestières longent les grands cours d'eau et leurs affluents les plus importants. Souvent, elles se présentent en fourrées de mimosacées impénétrables.

Autour des agglomérations et en leur sein, on note quelques plantations villageoises, des parcs à *Acacia albida*, des plantations plus ou moins modestes d'*Eucalyptus camaldulensis*, de *Mangifera indica* (Manguier) d'*Anacardium occidentale* et plus rarement des plantations de *Tectona grandis* (teck).

2.2 LOCALISATION DES RETENUES DANS LA ZONE D'ÉTUDE

Les retenues objet de la présente étude se trouvent dans les provinces du Kadiogo, du Sanguié, de la Sissili, du Boulkiemdé et du Ziro.

Le tableau 1 et la figure 1 ci-dessous présentent la situation administrative et la localisation des retenues.

Tableau 1 : Retenues d'eau concernées par l'étude

N	NOM OUVRAGE	VILLAGE / LOCALITE	COMMUNE	PROVINCE	REGION	COORDONNEES	
						LONGITUDE	LATITUDE
1	Kaongo	Saaba	Saaba	Kadiogo	Centre	-1,406323	12,345222
2	Ouaga 2	Secteur 22	Ouagadougou	Kadiogo	Centre	-1,534857	12,387736
3	Ouaga 3	Secteur 24	Ouagadougou	Kadiogo	Centre	-1,508998	12,388723
4	Grand tansobentingan	Tansobentinga	Saaba	Kadiogo	Centre	-1,328575	12,306757
5	Wedbila	Wedbila	Koubri	Kadiogo	Centre	-1,417472	12,147887

N	NOM OUVRAGE	VILLAGE / LOCALITE	COMMUNE	PROVINCE	REGION	COORDONNEES	
						LONGITUDE	LATITUDE
6	Nagbangre	Koubri	Koubri	Kadiogo	Centre	-1,406476	12,192481
7	Arzoumbaongo	Tanvi	Koubri	Kadiogo	Centre	-1,298029	12,217779
8	Gaskaye	Gaskaye	Pabre	Kadiogo	Centre	-1,606778	12,646333
9	Naaba zana	Naaba zana	Koubri	Kadiogo	Centre	-1,352292	12,226494
10	Pabre	Pabre	Pabre	Kadiogo	Centre	-1,586525	12,512275
11	Kalzi	Kalzi	Komsilga	Kadiogo	Centre	-1,655861	12,093222
12	Wobzougou	Taosongo	Komsilga	Kadiogo	Centre	-1,727902	12,219382
13	Seboun	Seboun	Reo	Sanguié	Centre-Ouest	-2,439722	12,426222
14	Boura	Boura	Boura	Sissili	Centre-Ouest	-2,498833	11,049167
15	Imasgho	Imasgho	Imasgo	Boulkiemdé	Centre-Ouest	-2,432167	12,432833
16	Savili	Savili	Sabou	Boulkiemdé	Centre-Ouest	-2,027778	12,079306
17	Ekoulkoala	Ekoulkoala	Reo	Sanguié	Centre-Ouest	-2,516083	12,301639
18	Lou	Lou	Sapouy	Ziro	Centre-Ouest	-1,709861	11,5115
19	Soaw	Soaw	Soaw	Boulkiemdé	Centre-Ouest	-2,19175	12,512333
20	Salbisgo	Sambisogo	Koudougou	Boulkiemdé	Centre-Ouest	-2,364967	12,161421

Parmi les 20 retenues prévues pour les études, 12 sont dans la Région du Centre et 8 dans la Région du Centre-Ouest.

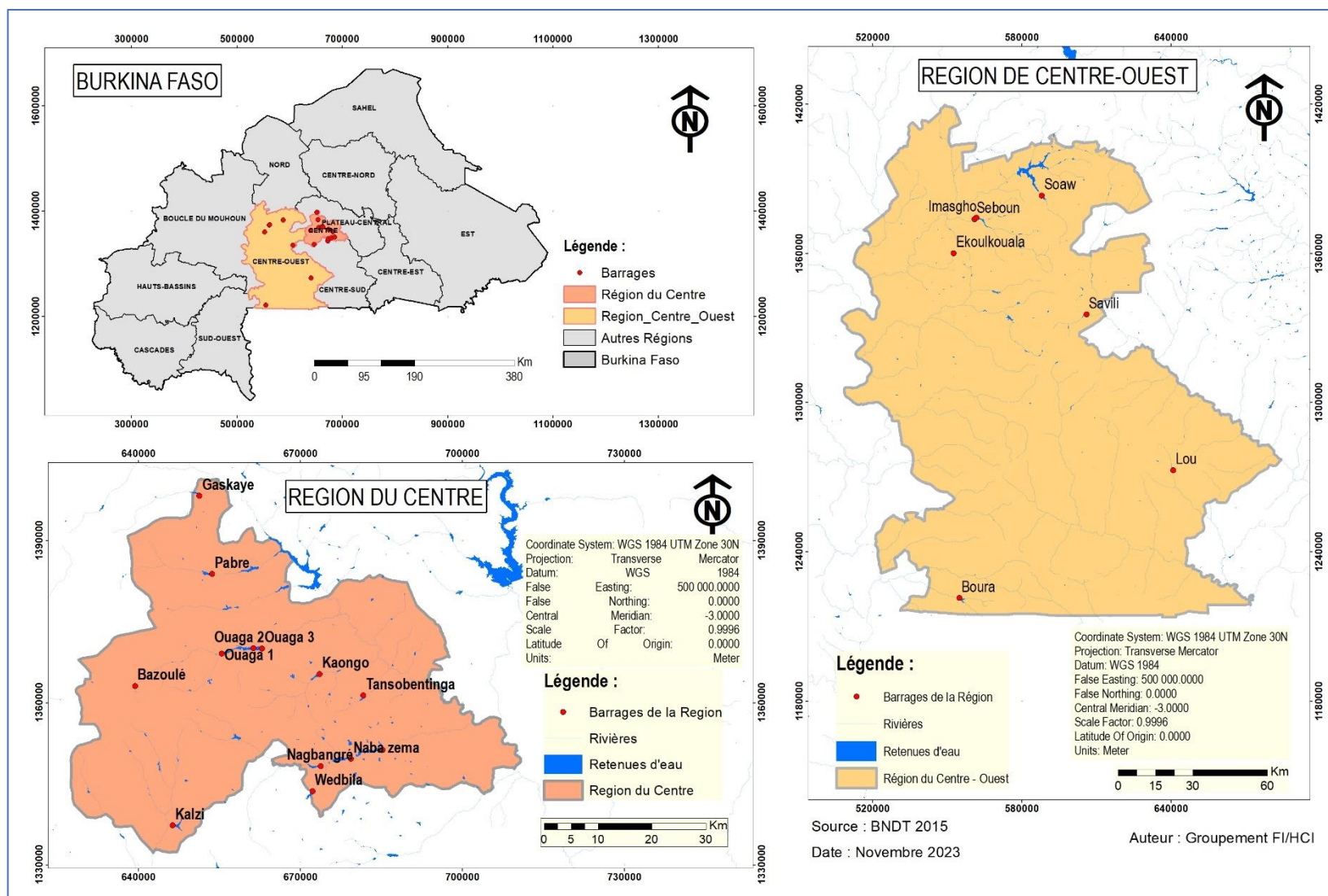


Figure 1 : Localisation géographique des retenues d'eau objet de l'étude

3 DEMARRAGE DE L'ETUDE ET BILAN PRELEMINAIRE

Plusieurs activités ont été menées pour le démarrage de l'étude. Il s'agit notamment de la rencontre de cadrage, de la visite et des remises de sites et de la collecte des données existantes.

3.1 RENCONTRE DE CADRAGE

L'atelier de cadrage a eu lieu le vendredi 12 mars 2021 à Ouagadougou dans la salle de réunion de l'Unité de Gestion du Programme. Cet atelier a permis d'échanger avec les différents acteurs afin d'harmoniser la compréhension des termes de référence de l'étude et ensemble convenir de la démarche pour la mise œuvre de la mission assignée aux prestataires.

De manière spécifique il s'agit de :

- définir clairement les attentes vis-à-vis de l'étude ;
- analyser la démarche pour la conduite de la mission proposée par les prestataires et retenir une méthodologie consensuelle qui prend en compte les attentes exprimées ;
- convenir d'un planning pour le respect des clauses contractuelles ;
- échanger sur l'état de la mobilisation du matériel et du personnel à mettre à disposition pour la mission ;
- échanger sur les difficultés et contraintes liées à la mise en œuvre de la mission ;
- discuter des modalités et processus de gestion du contrat.

Ainsi, cet atelier nous a permis de confirmer le personnel que nous comptons mobiliser pour la réalisation de la mission, d'établir les modalités de travail afin de permettre une collaboration efficace et de solliciter, auprès du Maître d'Ouvrage, tous les documents relatifs à la mission pouvant faciliter l'exécution des prestations. Nous y avons également précisé notre méthodologie d'intervention pour la bonne réalisation de l'étude.

3.2 VISITE ET REMISE DES SITES

Les visites de reconnaissance et la remise de sites se sont déroulées du 07/04/2021 au 15/04/2021 selon le programme présenté ci-dessous.

Tableau 2 : Période de la visite de reconnaissance des sites

Jour	Ouvrages
Mercredi 07/04/2021	Soaw, Kanyalé, Seboun, Ekoukola

Jour	Ouvrages
Jeudi 08/04/2021	Savili, Lou
Vendredi 09/04/2021	Boura
Mercredi 14/04/2021	Ouaga 1, Ouaga 2, Ouaga 3, Kalzi, Pabré, Gaskaye
Jeudi 15/04/2021	Wedbila, Nagbangré, Kaongo, Naba Zaana, Grand Tansobtenga, Bazoulé

Durant la visite des sites, les coordonnées des barrages (sur le déversoir), la situation du plan d'eau, l'accès et les activités observées dans la cuvette et ses alentours ont été notés. Le tableau 2 résume les éléments qui ont été notés.

Les représentants des directions régionales de l'eau et de l'assainissement, des mairies et des comités villageois de développement ont été rencontrés et ont participé aux visites des sites.

NB : Les sites de Ouaga 1 et Bazoulé ont été remplacés respectivement par les sites de Salbisgo dans la province du Boulkiemdé et de Wobzougou dans la province du Kadiogo.

Tableau 3 : Récapitulatif des observations faites lors de la visite de reconnaissance des sites

N°	Nom de l'ouvrage	Village (Commune)	État du plan d'eau à la remise de site	Coordonnée d'un point du barrage (Système WGS 84 /projection UTM ZONE 30 N)		Accès	Observation / Données recueillies	Aperçu de la cuvette	
				X	Y				
1	Seboun	Seboun (Réo)	*Cuvette gorgée d'eau	497831	1374036	Pas difficile	- Présence de crocodile et d'hippopotame, centre piscicole en aval - Parsemé de typha et de tronc d'arbre mort		
2	Ekoulkoala	Ekoulkoala (Réo)	***Plan d'eau tari	489404	1360247	Route carrossable en toute saison	Pas de déversoir		
3	Imasgho	Imasgho (Imasgo)	Plan d'eau tari	498578	1374508	Route carrossable en toute saison	Pas de déversoir		

N°	Nom de l'ouvrage	Village (Commune)	État du plan d'eau à la remise de site	Coordonnée d'un point du barrage (Système WGS 84 /projection UTM ZONE 30 N)		Accès	Observation / Données recueillies	Aperçu de la cuvette	
				X	Y				
4	Savili	Savili (Sabou)	Cuvette gorgée d'eau	542625	1335405	Probablement difficile en saison de pluies	Aménagement en cours en rive droite		
5	Soaw	Soaw (Soaw)	Cuvette gorgée d'eau,	524777	1383291	Route carrossable en toute saison	Culture maraîchère aux alentours de la cuvette, activité de pêche		
6	Boura	Boura (Boura)	**Plan d'eau tarissant	490796	1221187	Route carrossable en toute saison	Aménagement à l'aval, présence de crocodile		

N°	Nom de l'ouvrage	Village (Commune)	État du plan d'eau à la remise de site	Coordonnée d'un point du barrage (Système WGS 84 /projection UTM ZONE 30 N)		Accès	Observation / Données recueillies	Aperçu de la cuvette
				X	Y			
7	Lou	Lou (Sapouy)	Plan d'eau tari	577042	1272501	Pas difficile	Présence de verger dans la cuvette	 
8	Wedbila	Wedbila (Koubri)	Plan d'eau tarissant	609025	1343110	Pas difficile	Pêche	
9	Nagbangre	Koubri (Koubri)	Plan d'eau tari	766932	1354602	Pas difficile	Pêche	

N°	Nom de l'ouvrage	Village (Commune)	État du plan d'eau à la remise de site	Coordonnée d'un point du barrage (Système WGS 84 /projection UTM ZONE 30 N)		Accès	Observation / Données recueillies	Aperçu de la cuvette
				X	Y			
10	Koubri	Naba Zana	Plan d'eau tarissant	616144	1349021	Pas difficile	Pêche	
11	Kaongo	Saaba (Saaba)	Plan d'eau tarissant	610420	1364768	Route carrossable en toute saison	Pêche	
12	Wobzougou	Taosongo	Plan d'eau tarissant	638377	1351138	Pas difficile	Pêche	

N°	Nom de l'ouvrage	Village (Commune)	État du plan d'eau à la remise de site	Coordonnée d'un point du barrage (Système WGS 84 /projection UTM ZONE 30 N)		Accès	Observation / Données recueillies	Aperçu de la cuvette
				X	Y			
13	Grand Tansobentingan	Tansobentina (Saaba)	Plan d'eau tari	618508	1360744	Pas difficile	Aucune activité	
14	Salbisgo	Sambisogo	Plan d'eau tarissant	569345	1344453	Pas difficile	Pêche	
15	Ouaga 2	Secteur 22 (Ouagadougou)	Cuvette gorgée d'eau	598197	1369581	Pas difficile	Pêche, maraichage	

N°	Nom de l'ouvrage	Village (Commune)	État du plan d'eau à la remise de site	Coordonnée d'un point du barrage (Système WGS 84 /projection UTM ZONE 30 N)		Accès	Observation / Données recueillies	Aperçu de la cuvette
				X	Y			
16	Ouaga 3	Secteur 24 (Ouagadougou)	Cuvette gorgée d'eau	599801	1369568	Pas difficile	Pêche, maraichage	
17	Gaskaye	Gaskaye (Pabre)	Plan d'eau tarissant	588375	1397843	Pas difficile	Peche, maraichaire	
18	Pabre	Pabre (Pabre)	Plan d'eau tarissant	590657	1383383	Pas difficile	Pêche, maraichage	

N°	Nom de l'ouvrage	Village (Commune)	État du plan d'eau à la remise de site	Coordonnée d'un point du barrage (Système WGS 84 /projection UTM ZONE 30 N)		Accès	Observation / Données recueillies	Aperçu de la cuvette
				X	Y			
19	Arzoumbaongo	Tanvi (Koubri)	Cuvette gorgée d'eau	685150	1351217	Pas difficile	Pêche, maraichage	
20	Kalzi	Kalzi (Komsilgha)	Plan d'eau tarissant	583041	1336890	Pas difficile	Pêche, maraichage	
* : Cuvette gorgée d'eau : Plan d'eau dont une part relativement importante semble avoir une profondeur $\geq 1,00$ m ** : Plan d'eau tarissant : Plan d'eau dont une part relativement faible semble avoir une profondeur $< 1,00$ m *** : Plan d'eau tari : Retenue complètement vide								

3.3 COLLECTE DES DONNÉES EXISTANTES

La recherche des dossiers d'études d'avant-projet détaillées des barrages dont les retenues sont l'objet de la présente étude a été conduite. Ainsi en plus des Études APD des barrages de Lou, Wedbila, Nagbangré et Séboun, un fichier d'études diagnostic de sites de réalisation de travaux de barrages et périmètres irrigués réalisées en 2009 dans les Régions des zones d'étude a été obtenu.

Par ailleurs, quelques données climatiques (pluies mensuelles) des zones d'étude ont pu être obtenues.

3.4 BILAN PRÉLIMINAIRE

Les visites de reconnaissance et de remise de sites ont été effectuées sur 20 retenues et ont permis de voir les retenues concernées par le projet, d'apprécier les conditions d'accès aux sites et les potentielles contraintes à la bonne mise en œuvre des activités. Très peu de données semblent être disponibles sur les retenues objet des études. Seules les données climatiques et une partie des documents relatifs au barrage de Boura ont pu être collectées.

4 MATERIELS

4.1 MATÉRIELS POUR LES LEVÉS TOPOGRAPHIQUES

Les matériels utilisés dans le cadre de notre travail sont résumés comme suit :

- Deux (02) GPS Garmin ;
- Deux (02) GPS différentiels CHCNAV ;
- Deux (02) GPS différentiels i-Target ;
- Deux (02) véhicules tout terrain ;
- Une moule (20*20 cm) pour la réalisation des bornes ;
- Un lot de piquets.

4.2 MATÉRIELS POUR LES LEVÉS BATHYMÉTRIQUES

Pour mener à bien notre mission, notre choix s'est porté sur l'échosondeur bi fréquence EKO EU D032 et un GPS différentiel CHCNAV I90 pour effectuer le levé.

Le matériel était composé de :

- GNSS différentiel CHCNAV I90
 - Caractéristiques

GNSS Performance

Channels 336 channels

GPS L1C, L1C/A, L2E, L2C, L5

GLONASS L1C/A, L2 C/A, L3 CDMA Galileo E1, E5a, E5b, E5AltBOC, E6

BeiDou B1, B2, B3

Network modem

Communication

Integrated 4G modem

LTE (FDD): B1,B2,B3,B4,B5,B7,B8,B20

DC-HSPA+/HSPA+/HSPA/UMTS: B1, B2, B5, B8

EDGE/GPRS/GSM

850/900/1800/1900MHz

SBAS L1C/A, L5

Wi-Fi 802.11 b/g/n, access point mode

QZSS L1 C/A, L1 SAIF, L2C, L5, LEX IRNSS L5

L- BAND RTX ®

GNSS Accuracies (2)

Horizontal: 8 mm + 1 ppm RMS

Bluetooth®

Ports

v4.1

1 x 7-pin LEMO port (external power, RS-

232)

1 x USB Type-C port (data download, firmware update)

1 x UHF antenna port (TNC female)

Standard Internal Rx/Tx: 410 - 470 MHz

Real time

kinematics (RTK)

Post - processing kinematics (PPK)

Post -processing static

Vertical: 15 mm + 1 ppm RMS

Initialization time: < 10 s

Initialization reliability: > 99.9%

Horizontal: 2.5 mm + 1 ppm RMS Vertical: 5 mm + 1 ppm RMS

Horizontal: 2.5 mm + 0.5 ppm RMS Vertical: 5 mm + 0.5 ppm RMS

UHF radio

Transmit Power: 0.5 W to 2 W Protocol: CHC, Transparent, TT450, SATEL3AS

Link rate: 9600 bps to 19200 bps

Range: 5 km under optimal conditions

RTCM 2.x, RTCM 3.x, CMR, CMR+, SCMRX input and output

Code differential Horizontal: 0.25 m RMS

Horizontal: 1 m RMS

Data formats

HCN, HRC, RINEX 2.11, 3.02

NMEA 0183 output

Autonomous

Vertical: 1.5 m RMS

NTRIP Client, NTRIP Caster

Data storage 32 GB internal memory

Positioning rate Up to 50 Hz

Cold start: < 45 s

Electrical

Time to first fix (3)

Hot start: < 10 s

Signal re-acquisition: < 1 s

Additional horizontal pole-tilt uncertainty

Power consumption 5 W (depending on user settings) Li-ion battery capacity 2 x 3400 mAh, 7.4 V

RTK tilt - compensated

typically less than 10 mm + 0.7 mm/° tilt

Hardware

Operating time on internal battery (4)

UHF receive/transmit (0.5 W): 5 h to 8 h

Cellular receive only: up to 9 h

Static: up to 10 h

Size (L x W x H)

159 mm x 150 mm x 110 mm

(6.3 in × 5.9 in × 4.3 in)

External power input 9 V DC to 28 V DC

Weight 1.26 kg (2.77 lb)

Operating: -40 °C to +65 °C

Environment (-40 °F to +149 °F) Storage: -40 °C to +85 °C

(-40 °F to +185 °F) Humidity 100%

IP67 waterproof and dustproof, protected

*All specifications are subject to change without notice.

(1) Compliant, but subject to availability of BDS ICD and Galileo commercial service definition. GLONASS L3, BDS B3 and Galileo E6 will be provided through future firmware upgrade. (2) Accuracy and reliability are determined under open sky, free of multipaths, optimal GNSS geometry and atmospheric condition. Performances assume

minimum of 5 satellites, follow up of recommended general GPS practices. (3) Typical observed values. (4) Battery life is subject to operating temperature.

ess protection from temporary immersion to depth of 1 m

Shock Survive a 2-meter pole drop

Calibration-free IMU for pole-tilt

Tilt sensor

Front panel

compensation.

Immune to magnetic disturbances. EBubble leveling

4 status LED

1.46" OLED Display

Certifications



Figure 2 : Récepteur GNSS CHCNAV

➤ **Échosondeur bi fréquence EKO EU D032**

L'appareil utilisé est l'échosondeur EKO **EU D032** double fréquence et interface USB professionnel de précision pour surveillance hydrographique extrêmement simple d'utilisation grâce à sa connexion USB.



Figure 3 : échosondeur EKO EU D032




Echologger EU D032 / ECT D032

Ultracompact survey grade SBES

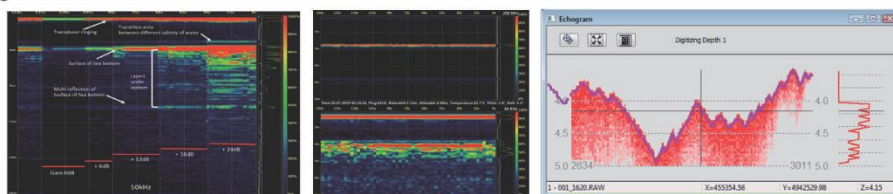
for hydrographic and environmental survey

Ultracompact

Echologger EU D032/ ECT D032 is an ultracompact portable dual frequency single beam echosounder for hydrographic and environmental survey applications. The device carries two frequencies (30 & 200kHz) working simultaneously (alternating). It is a self-contained device with a transducer, operating electronics and a tilt sensor in an ultracompact single unit. Singal can penetrate through soft sediments to detect hard bottom classification as well as detect the surface layer.

Digital echogram replacing paper chart

Echologger EU D032/ ECT D032 operates in echogram mode recording high resolution full water column acoustic envelope as well as in digital depth mode generating NMEA compatible digital altitude data



Combability

Echologger EU D032/ ECT D032 works with most of data collectors in the market through USB, RS-232C or Bluetooth. It is also compatible with major hydrographic data acquisition softwares such as HyPack , HydroMagic and free Echologger Control Program.

Quick and easy mobilization

Echologger EU D032/ ECT D032 mobile kits can support quick and easy mobilization with optional Bluetooth power pack or directly to data collector/mini PC through USB port or long-range wifi module



USV application

- EU D032/ ECT D032
- RTK/PPK GNSS
- Survey poles
- Mounting bracket



Small boat application

- EU D032/ ECT D032
- RTK/PPK GNSS
- Survey pole
- Mounting bracket
- Rugged tablet / Data collector



Small boat application

- EU D032/ ECT D032
- RTK/PPK GNSS
- Survey pole
- Mounting bracket
- DU-BS21 (BT power pack)



Small boat application

- D032
- RTK/PPK GNSS
- Survey poles
- Mounting bracket
- Long-range WiFi

• Caractéristiques

Specifications

Acoustic Frequency	30 kHz / 200 KHz
Beam width	26° / 5° Conical (-3dB) (echo mode)
Transmit Pulse Width	100µsec ~ 1,000µsec
Transmit Power	Max. 30 W, adjustable
TVG Control	Up to 60 dB,
Gain Control	-30 dB to +30 dB
Operating Distance Range	1.5 m ~ 200 m (30 kHz) / 0.5 m ~ 200 m (200 kHz)
Repetition (Ping) Rate	100 Hz max
Sampling Rate	Max 100 kHz; adjustable, or auto mode (default)
Water Column Resolution	Appx. 7.5 mm @ 100 kHz sampling
Altimeter Range Resolution	1.0 mm
Temperature sensor Resolution	0.1°C
Tilt sensor integrated	Dual-axis (Roll & Pitch) ±90°, Inclination data resolution 0.1°
Digital Output Interface	EU D032: USB 2.0 ECT D032: RS-232, RS-485 (selectable)
Communication Speed	EU D032: 4,800 ~ 921,600, 3M baud (115,200 baud default) ECT D032: 4800 ~ 921,600 baud (115,200 baud default)
Data Output Format	Profile 10/12bit resolution ASCII Text Profile 12bit Binary / 8bit companded Binary Altitude NMEA0183 / Simple Altimeter Deso-25 Sonarmite DFX
Configuration and Data reading	Echologger Echosounder Control Program (Dual) or any Terminal program
Multi node Internetworking (RS485 only)	Up to 32 units EU D032: LTW 12-05PMMS-SH8003
Connector	ECT D032S: LTW M12A-08PMMS-SH8002 ECT D032: SEACON MCBH8SS
Power supply	EU D032: USB Powered, 2W max ECT D032: 10 ~ 75 VDC, 2W max, Internally isolated
Operation Temperature	-10°C +50°C
Operating Depth	EU D032 / ECT D032S: 1m (for surface vehicle) ECT D032C: 100m
Housing	Acetal
Dimensions	Ø96 mm x L90 mm (without connector)
Weight	740g (without cable)
Other features	Use both frequencies simultaneously or separately Compatible with major hydro-graphic softwares (Hypack, HydroMagic, HydroPro etc.) GPS integrated data



EofE Ultrasonics Co., Ltd.

303, Venture Center, Hanggongdaehangro 76
Goyang-Si 10540, Korea
Tel : +82-2-3158-3178
info@echologger.com

Figure 4 : Fiche caractéristique de l'échosondeur EKO EU D032

Deux fréquences 200 /450 KHz

Rétrodiffusion totale sur la pleine hauteur de la colonne d'eau

Sorties ASCII et binaire (format NMEA0183 possible)

Compatible aussi avec les logiciels hydrographiques (Hypack, Hydropro, etc...)

Communication à haut débit

Polyvalent avec paramètres programmable :

- taux de ping jusqu'à 100Hz
- vitesse du son
- Accessoires de l'échosondeur (support d'accrochage au zodiac et canne de support de l'échosondeur et du GNSS différentiel mobile)
- Zodiac motorisé (moteur de 40 chevaux) avec une vitesse maximale de 70km/h

➤ **Autres matériels :**

- un trépied pour les mises en stations du GPS différentiel ;
- 10 gilets de sauvetage ;
- un ordinateur portable/ tablette de marque Panasonic ;
- deux véhicules pick-up.



Figure 5 : travaux de levé bathymétrie avec l'échosondeur EKO EU D032

5 APPROCHE METHODOLOGIQUE

À partir de l'analyse des termes de référence, combinée à l'expérience du consultant et aux visites de reconnaissance des sites, nous avons adopté une approche méthodologique que nous résumons en six (06) étapes :

- les activités préliminaires ;
- les études topographiques et bathymétriques ;
- les études des cuvettes et estimation des capacités des retenues ;
- la délimitation des bassins versants ;
- les estimations des dépôts solides dans les cuvettes ;
- L'élaboration des rapports ;
- le transfert de compétence.

5.1 ACTIVITÉS PRÉLIMINAIRES

Pour cette étape, il s'est agi principalement de mener les activités de recherches documentaires et de remises des sites des différents barrages.

Concernant la recherche documentaire, sans être exhaustive, l'ensemble de données et d'informations recherchées sont les suivantes :

- les rapports des études antérieures : ces rapports contiennent les informations sur les caractéristiques et les paramètres originels des ouvrages ;
- les plans de recollement des travaux réalisés : ces documents contiennent les informations originelles sur les ouvrages tels qu'ils ont été réellement réalisés ;
- les données cartographiques et topographiques : ces documents concernent les cartes topographiques, les coordonnées des bornes géodésiques d'appui et l'accès aux données des stations permanentes, les plans de masse, les profils en long et en travers ;
- les données hydrologiques et climatiques : il s'agira d'obtenir les données établies par les services météorologiques pour les stations proches du site concerné.

Les remises de site ont eu lieu du 07/04/2021 au 15/04/2021. Ces remises ont permis de faire des constats préliminaires sur l'ensemble des sites. Ce qui a permis de faire une situation du niveau de remplissage actuel des différentes retenues, présenté dans le Tableau 3 ci-dessus. Cette visite a également permis au Maître d'Ouvrage de présenter l'équipe technique du Consultant aux autorités locales et aux services techniques décentralisés concernés.

5.2 ÉTUDES TOPOGRAPHIQUES ET BATHYMÉTRIQUES

Les études topographiques et bathymétriques ont pour but de déterminer les profondeurs de la retenue du barrage en différents endroits et d'en déduire une relation Profondeur-Surface-Volume.

5.2.1 LES LEVÉS TOPOGRAPHIQUES

Au Burkina Faso les travaux topographiques et cadastraux sont régis par le décret N°2012-444/PRES/PM/MHU/MID du 24 mai 2012 portant normes applicables aux travaux topographiques et cadastraux au Burkina Faso.

Le décret 2012-443/PRES/PM/MHU/MID/MEF du 24 mai 2012 portant adoption d'un référentiel géodésique et altimétrique au Burkina Faso fait obligation que tous les travaux topographiques doivent être rattachés au système national.

Au regard de ces deux (02) textes qui encadrent l'exécution des travaux topographiques, les différentes activités à développer dans cette étape, prenant en compte la spécificité de chaque site, sont décrites ci-après.

5.2.1.1 Établissement d'un canevas de points topographique

Au niveau de chaque retenue, il a été mis en place un canevas de points de base (la polygonale) sur lequel va s'appuyer tous les travaux topographiques à réaliser.

Ainsi sur chaque site, il a été mis en place un réseau polygonal, réalisé sur des points d'appui judicieusement répartis qui forment le canevas d'ensemble (canevas réduit, mais de précision homogène) suivant les normes en vigueur.

Le canevas ainsi que toutes les données issues des travaux topographiques et bathymétriques seront rattachés au seul et même référentiel géodésique national (référentiel ITRF 2008, projection BFTM) et en altimétrie au Nivellement Général du Burkina selon le décret n° 2012-443/PRES/PM/MHU/MID/MEF portant adoption d'un référentiel géodésique et altimétrique au Burkina Faso.

Les caractéristiques du référentiel géodésique national sont :

- **système géodésique : ITRS**
- **référentiel géodésique : ITRF 2008**
- **ellipsoïde : IAG GRS80 (Demi Grand Axe $a = 6\,378\,137,00$ et Aplatissement $1/f = 298,257222101$) ;**
- **projection cartographique : BFTM (projection cylindrique transverse de Mercator) avec pour caractéristiques :**
 - **le méridien central $1^{\circ} 30'$ Ouest ;**
 - **les coordonnées du centre de la projection ($X_0 = 600\,000,00$ m, $Y_0 = 0,00$ m) ;**
 - **le facteur d'échelle : $k_0 = 0,9996$.**
- **Le référentiel altimétrique national (NGAO : Nivellement Général de l'Afrique de l'Ouest) est matérialisé par le réseau général de nivellement du Burkina Faso. Il est rattaché au marégraphe de Dakar.**

Le canevas d'ensemble mis en place est un canevas planimétrique et altimétrique déterminé par des opérations de mesures sur le terrain, matérialisé par des bornes ou des repères et suffisamment denses pour étayer le réseau sur lequel s'appuie le lever de détails.

Pour le cas pratique de la mise en place des canevas de points de nos travaux, il a été créé pour chaque barrage deux points au minimum qui ont judicieusement été choisis en fonction des détails à lever. Ces points de base ont été observés aux récepteurs GPS puis rattachés au système géodésique national.

Le rattachement s'est fait de la manière suivante :

- identification et recherche de la station GNSS permanente CORS de l'Institut Géographique du Burkina (IGB) la plus proche du site et s'assurer qu'elle est fonctionnelle ;
- identification des repères de nivellement les plus proches du site ;
- rattachement au GPS différentiel en mode statique observé pendant au moins 2h sur la Borne géodésique la plus proche et opération de nivellement géométrique de précision;
- transformation des mesures en coordonnées planimétriques et altimétriques compensées sur les points fixes à l'aide d'algorithmes de calcul adéquats ;
- contrôle de la qualité du réseau, des mesures et du choix des points de rattachement ;
- établissement de la documentation définitive.



Figure 6 : Illustration des travaux topographiques

5.2.1.2 Réalisation des levés topographiques de la cuvette

A l'aide du GPS Différentiel (GPS Différentiel CHCNAV) le principe a consisté à faire des lignes de marche devant servir de ligne de lever, cette ligne est parallèle à l'axe de la digue avec un écartement de 5 à 20 mètres l'une de l'autre (ou dépendra de la superficie du plan d'eau) jusqu'à l'extrémité amont de la cuvette. Cela a pour objectif d'assurer un maximum d'homogénéité entre les différents points à lever.

Dans la pratique, nous avons songé à identifier une ligne sur le terrain et pris le premier point de la ligne au contact de l'eau et le dernier point limite de la ligne sur la courbe correspondant au niveau de la digue ou au PHE supposé (avec un léger débord). Les points sur une même ligne seront équidistants de plus ou moins 20 mètres également.

5.2.1.3 Lever de détails des ouvrages constitutifs des barrages

. Pour chaque barrage les détails à lever ont concerné en général :

- La digue ;
- Les évacuateurs de crue (déversoirs, dispositifs de dissipation) ;
- La position de la prise d'eau éventuelle ;
- Le mur parapet éventuel.

Le levé des digues des barrages a été réalisé selon le principe illustré par la figure ci-après. Les extrémités de la crête de la digue (C), les pieds de talus en aval ou pieds de talus en amont de la digue et le TN en aval de la digue sont les lignes qui feront l'objet de lever.

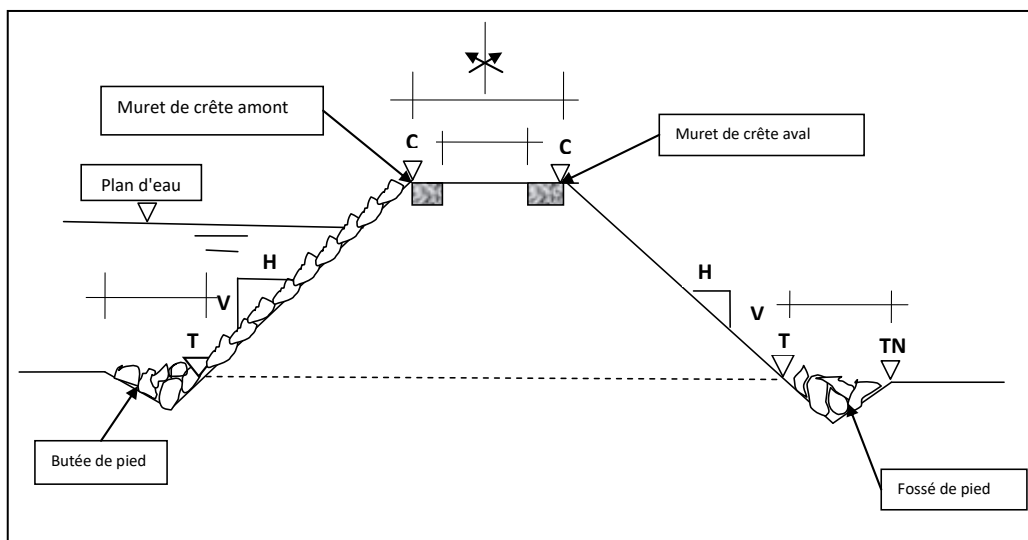


Figure 7 : Configuration du levé des digues sans mur parapet

Sur la figure ci-dessus le lever de la digue a été fait en considérant les codes suivants :

T : Pied de talus en aval ou pieds de talus en amont de la digue

C : Crête = haut de talus en aval ou haut de talus en amont

Il existe certaines digues munies d'un mur parapet en maçonnerie qui dans ce cas fera l'objet du lever avec les codes C comme crête.

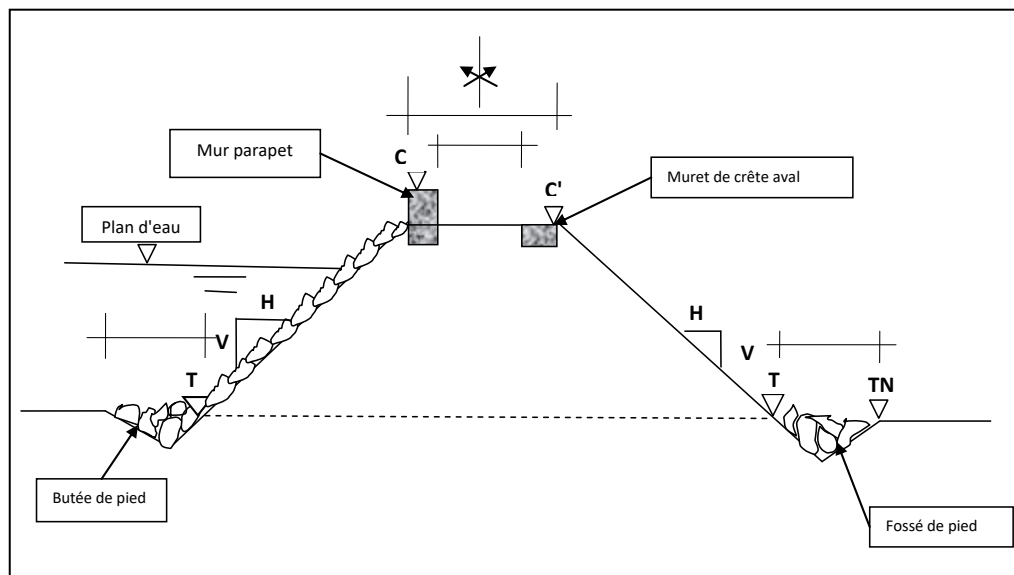


Figure 8 : Configuration du levé des digues avec mur parapet

5.2.2 ACTIVITÉS BATHYMÉTRIQUES

Les levés bathymétriques ont été effectués dans les zones navigables. Ils ont été réalisés au moyen d'un échosondeur. L'échosondeur couplé à un GPS GARMIN S526 permet de créer de façon automatique un fichier comprenant en plus de l'enregistrement du temps, la longitude, la latitude, et la profondeur du lit. La latitude et la longitude ont été définies sur l'ellipsoïde WGS 84. Pendant les opérations de sondage automatique, le niveau du plan d'eau a été suivi par un observateur au niveau d'une échelle de contrôle de la marée. Les levés bathymétriques ont été exécutés en utilisant les bornes géodésiques liés au réseau topographique local, pour le géoréférencement des données acquises et pour le contrôle qualité planimétrique et altimétrique des levés

5.2.2.1 Délimitation des réservoirs

Pendant la réalisation des levés, les réservoirs des barrages n'étaient pas au plan d'eau normal. Les plans d'eau existant au moment des travaux ont été délimités en considérant les points de rive correspondant aux limites d'eau existant. Ainsi cette technique a permis d'avoir la forme réelle du plan d'eau au moment des mesures.

5.2.2.2 Division du réservoir en section

Il est recommandé, pour faciliter la navigation sur des plans d'eau, de s'assurer que l'orientation des transects respecte l'orientation suivant les azimuts est-ouest ou nord sud. En revanche, en fonction de l'orientation du vent,

on a privilégié le choix de l'azimut selon les vents dominants pour limiter l'effet de dérive et la création d'embruns (éviter les vents de travers). L'espace entre les transects est en fonction de la surface du plan d'eau.

Ainsi le réservoir a été divisé en plusieurs sections suivant le parcours de navigation. L'équidistance des parcours en travers était comprise entre 10 m et 20 m en fonction de la superficie de la retenue d'eau.

La première section a été établie entre 1 et 3 mètres de la digue et ou de la berge en fonction de la valeur du talus amont et de la profondeur (hauteur de l'eau supérieur à 0.6 m) à proximité de la berge. Un parcours en long a été réalisé afin de prendre des mesures le long du plan d'eau.

5.3 ÉTUDE DES CUVETTES ET ÉTABLISSEMENT DES COURBES HAUTEURS-VOLUMES ET HAUTEURS-SURFACES

5.3.1 ÉTUDES DES CUVETTES

À l'issu des levés topographiques et bathymétriques, nous avons à l'aide des logiciels ArcGis et COVADIS effectuer une superposition des données des altitudes de l'ensemble des points levés. Cette opération nous a ensuite permis de générer les courbes de niveau pour l'ensemble de la surface de la cuvette (zone plan d'eau et zone sèche).

5.3.2 MÉTHODE D'ÉTABLISSEMENT DES COURBES HAUTEURS-VOLUMES-SURFACES

Les courbes hauteurs-surfaces et volumes sont caractéristiques de la retenue d'eau et donnent les différents volumes d'eau et les surfaces pour chaque courbe de niveau de la cuvette.

Les courbes sont établies avec des échelles adaptées de manière à faciliter leur exploitation. Le groupement s'est penché sur la méthode d'aire de fin moyenne couramment utilisée pour l'évaluation des volumes et l'établissement des courbes hauteur-surface et hauteur-volume. Les données considérées sont les hauteurs/profondeurs, les surfaces et les volumes approchés actuels déterminés à partir des mesures bathymétriques effectuées sur le terrain. À partir du fond de la cuvette, pour chaque côte (Z_i) suivant une dénivelée donnée (Δh), il a été défini la surface de la retenue correspondante (S_i). Le volume correspondant à la cote Z_i a été alors obtenu par sommation des volumes moyens entre surfaces planes :

$$V_i = V(Z_i) = \sum_{k=1}^i \frac{1}{2} \Delta h \cdot (S_{k-1} + S_k)$$

V_i : Volume à la cote Z_i

Z_i : Cote au niveau de la cuvette $Z_i = Z_0 + i \cdot \Delta h$

Z_0 : Cote la plus basse de la cuvette

Sk : Surface correspondante à la cote Zk.

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

Puis nous avons construit le graphique $H=f(S)$ qui est la courbe Hauteur-Surface.

5.4 MÉTHODOLOGIE DE DÉLIMITATION DES BASSINS VERSANTS

Pour la délimitation des bassins versant des barrages, la méthodologie a consisté à la mise en contribution de deux logiciels cartographiques à savoir ArcGIS 10.8 Global Mapper v 23.0. Sous Global Mapper, les courbes de niveau de l'emprise du site ont été générées grâce aux images raster de type SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission) avant que l'option « Generate contours » qui se trouve dans l'outil « Analysis » ne soit utilisée pour représenter les courbes de niveau de la zone d'étude. Les courbes de niveau importées de Global Mapper sont utilisées pour générer une surface raster au format image. Cette image raster a été traitée en utilisant l'outil « reclassify » puis interpolée pour représenter les différentes valeurs altimétriques. Le traitement de l'image s'est fait en deux étapes :

- la détection et la correction des erreurs du MNT dont la manipulation est effectuée en utilisant l'option « Préparation ».
- le traitement des analyses hydrologiques assurées par les fonctions de l'option « Hydrologie ». Ce qui a conduit à générer un modèle numérique de terrain (MNT). L'interpolation est réalisée grâce à l'outil "Topo to raster" qui se trouve au niveau de l'extension spatial « analyst tool ». Elle a permis de déterminer le profil topographique de la zone.

Concernant la représentation du réseau hydrographique, deux fonctions de l'outil « hydrologie » ont été utilisées :

- la fonction « Flow Accumulation » calcule l'accumulation totale d'eau du MNT en fonction de la direction d'écoulement. Elle présente la grille de l'accumulation d'eau qui est établie sur la base écoulement unidirectionnel.
- la fonction « flow direction » permet d'obtenir d'une part, des réseaux de rivières plus cohérents et d'autre part, le sens de l'écoulement des eaux.

5.5 MÉTHODOLOGIE D'ESTIMATION DES DÉPÔTS SOLIDES DANS LES CUVETTES

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

5.5.1 MÉTHODE EMPIRIQUE

Les mécanismes érosion-transport-sédimentation sont complexes et ils dépendent d'un certain nombre de paramètres :

- les caractéristiques physiques du bassin versant (superficie, classe de relief, forme, etc.)
- la nature du réseau hydrographique
- les caractéristiques géologiques (nature de la roche mère) et édaphiques
- l'environnement climatique et en particulier la pluviométrie
- le couvert végétal et la mise en culture éventuelle.

La grandeur associée aux transports solides est la dégradation spécifique D ($\text{m}^3/\text{km}^2/\text{an}$). Il existe un certain nombre de formules qui permettent de l'estimer de manière plus ou moins fiable. Mais il est à noter que les meilleures estimations des apports solides sont fournies par la comparaison avec des bassins versants voisins présentant des caractéristiques proches (superficie, érodabilité, classe et pente, végétation), et pour lesquels on dispose de données. Ceci étant précisé, on peut citer les formules suivantes :

➤ **Formule de L'ETIER-CIEH (J. M. GRESILLON)**

$$D = 700 \times \left(\frac{P}{500} \right)^{-2,2} \times S^{-0,1}$$

Où :

D ($\text{m}^3/\text{km}^2/\text{an}$) : Dégradation spécifique annuelle ;

P (mm) : Pluviométrie moyenne annuelle ;

S (km^2) : Superficie du bassin versant.

– **Formule de GOTTSCHALK**

$$D = 260 \times S^{-0,1}$$

Où :

D ($\text{m}^3/\text{km}^2/\text{an}$) : Dégradation spécifique annuelle ;

S (km^2) : Superficie du bassin versant.

Il existe d'autres méthodes empiriques d'estimation du volume des dépôts solides. Cependant, toutes ces méthodes étant basées sur des modèles mathématiques empiriques, la qualité des résultats obtenus en dehors du contexte spécifique dans lequel le modèle a été établi est difficile à apprécier.

5.5.2 CALCUL MATRICIEL PAR L'ÉCHOSONDEUR ET HYDROMAGIC

En plus des formules empiriques ci-dessus, le groupement a utilisé la méthode qui fait intervenir un échosondeur bi fréquence pour l'évaluation des dépôts solides dans les cuvettes des retenues des vingt sites objet de l'étude. Cet instrument permet à la fois de reconstituer le fond topographique de la cuvette, et également d'estimer la vase située dans le fond de la retenue. L'échosondeur permet de déterminer une profondeur en calculant le temps écoulé

entre l'émission et la réception d'un écho. Le sondeur acoustique bi-fréquence récolte le premier écho qui rebondit sur la couche superficielle de sédiments (ou de tout autre obstacle tel que les objets, poissons, plantes, etc.) ; cette information sera traitée pour donner les cotes de la cuvette qui fourniront les données pour l'évaluation de la capacité réelle de la cuvette et l'établissement des graphiques de courbes hauteurs volumes surfaces de la retenue. Le second écho vient quant à lui pénétrer plus en profondeur la couche de vase/algues/sédiments et permet ainsi d'avoir une vision bien plus détaillée de la structure des fonds. Malheureusement cette donnée ne permet d'évaluer le dépôt de sédiments ou dépôts solides en termes de dépôts solides depuis l'année de mise en eau du barrage, mais plutôt la couche totale de dépôt de sédiments (argile, limon, sable, ...), formée aussi bien avant qu'après la réalisation et la mise en eau du barrage.

5.5.2.1 Calcul du volume par la matrice

L'outil de calcul matriciel de volume peut être utilisé de deux manières : pour calculer la différence de volume entre deux matrices (par exemple, pré-dragage et post-dragage), ou entre une matrice et un niveau fixe. Pour calculer les volumes nous avons utilisé la méthode de calcul entre deux matrices. Cet outil calcule les volumes en multipliant la différence entre la profondeur de la matrice 1 et de la matrice 2 par la taille d'une seule cellule (Espacement).

Dans Hydromagic, une matrice est une collection de profondeurs régulièrement espacées, qui peuvent être projetées sur la carte sous forme de couleur ou de texte. Ceci est également connu sous le nom de modèle numérique de terrain ou MNT.

Lors de la génération d'une matrice à partir d'un sondage, les points de données dispersés sont convertis en points de données régulièrement espacés fourni à l'aide d'un TIN (Triangulated Irregularly Network). Ce TIN est généré à l'aide d'un algorithme de triangulation de Delaunay. Tous les nouveaux points de données sont générés en « remplissant » les triangles formés à partir des données dispersées.

L'image ci-dessous montre une matrice de couleurs générée à l'aide du TIN (points de données à intervalle de 0,25 mètre).

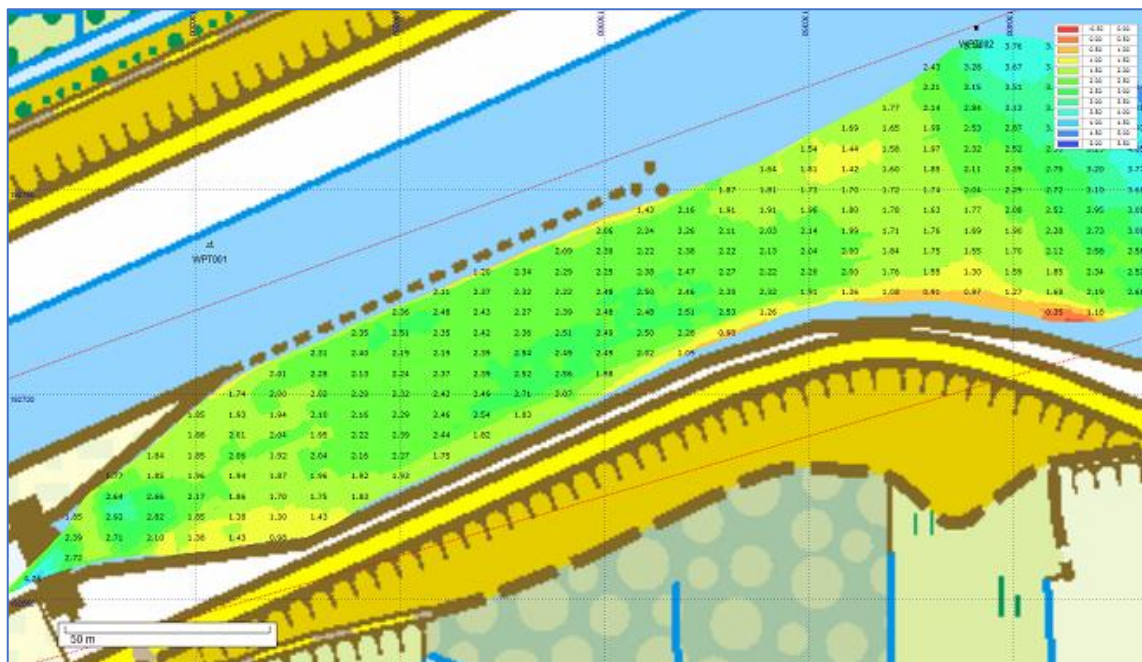


Figure 9 : matrice de couleurs générée à l'aide du TIN

Les données de sondage au-dessus de la référence fixe ou de la retenue sont utilisées pour calculer le « volume au-dessus ». L'image suivante montre un exemple de calcul de volume (en "mode profondeur")

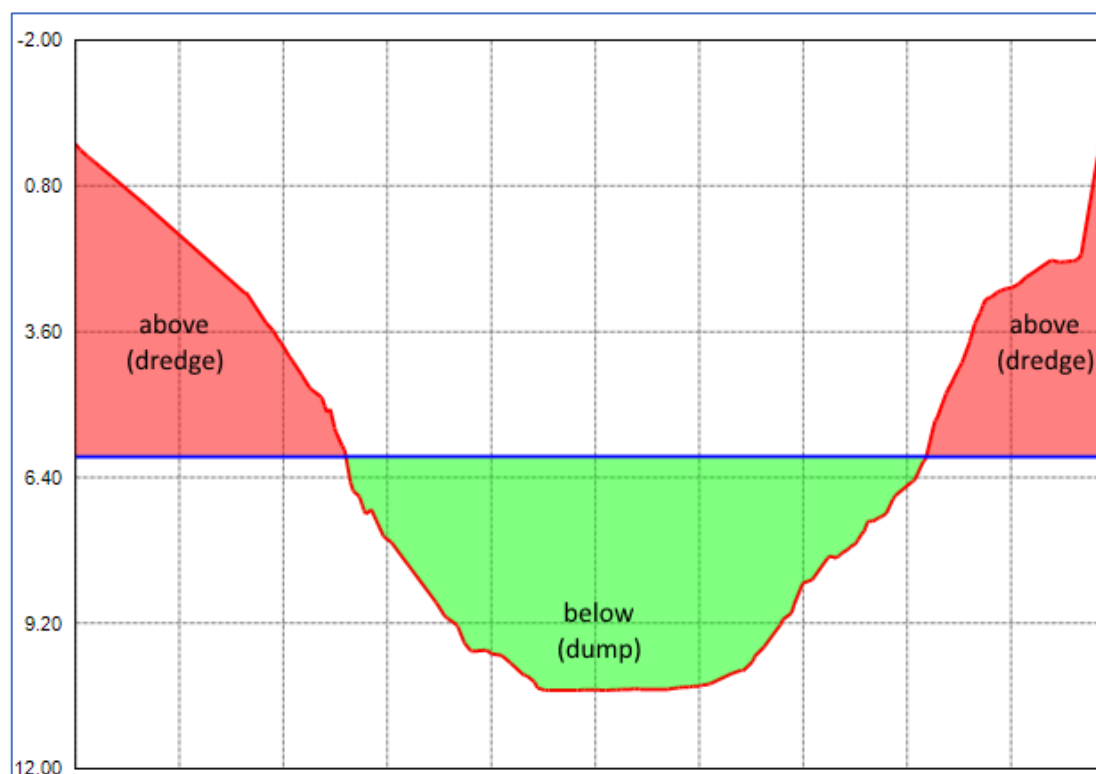


Figure 10 : Exemple de calcul de volume (en "mode profondeur")

5.5.2.2 Outil de calcul de volume

Pour démarrer l'outil de calcul de volume matriciel, on sélectionne l'option "Volumes (Matrice)" dans le menu "Outils". La boîte de dialogue suivante s'affichera :

Volume Calculation (Compare Matrices)

Matrix 1

Matrix: FracPit1.xyz (Sounding)

Level: 0.00 m

Matrix 2

Matrix: <Use Fixed Level> (Reference)

Level: 0.00 m

Totals

Area: 96057 ft2 Processed: 96057 ft2

Spacing: 1.00 m Volume: 1583555 ft3

Below Reference

Area: 0.000 ft2 Volume: 0.000 ft3

Above Reference

Area: 96057 ft2 Volume: 1583555 ft3

Use this tool to calculate volumes and covered area from a sounding and a reference. To use this tool, it is required to generate a matrix from your sounding first.

Report... Calculate Close

5.5.2.3 Matrice

On utilise ce paramètre pour spécifier la matrice créée à partir de notre sondage, ou lorsque nous utilisons deux matrices, la matrice créée à partir du sondage post-dragage.

Pour calculer le volume de la retenue, on sélectionne l'option "<Utiliser un niveau fixe>" et on entre le niveau de la surface de l'eau. Lorsqu'aucune correction de marée n'est utilisée, cette valeur est de 0,00.

Cette section affichera la superficie totale et le volume de l'ensemble de la retenue. La zone traitée désigne la quantité de chevauchement entre les deux matrices utilisées.

Lorsqu'un niveau fixe est utilisé, le chevauchement est toujours de 100 % et la surface traitée sera la même que la surface totale.

Pour le calcul de la quantité de sédiments, nous sélectionnons le même sondage dans les deux zones de saisie et sélectionnons des fréquences différentes.

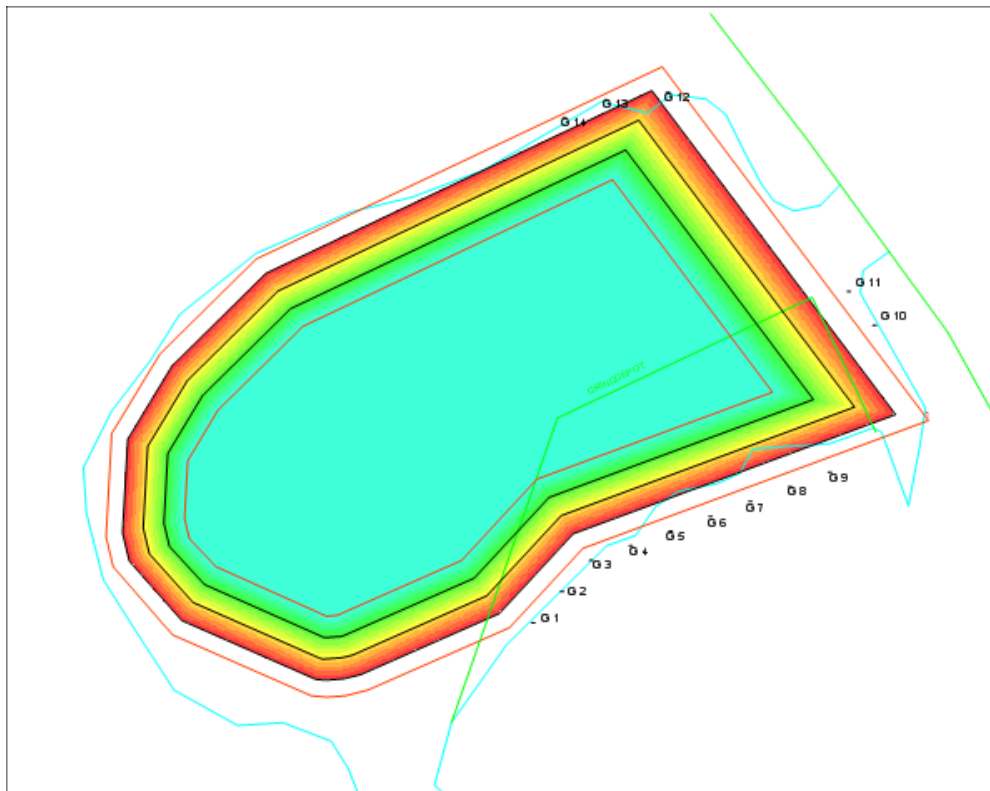


Figure 11 : Délimitation de la retenue

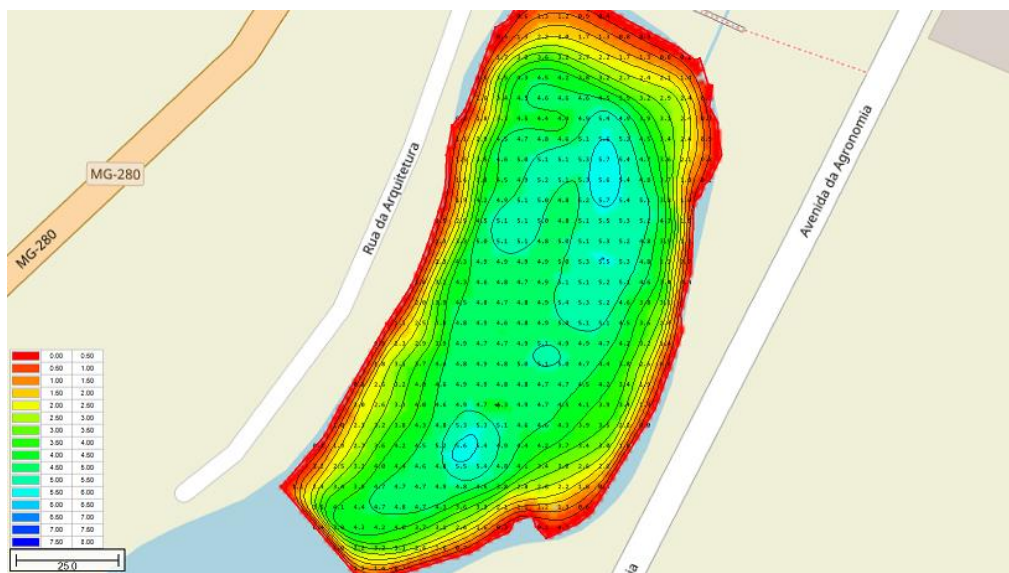


Figure 12 : calcul des volumes

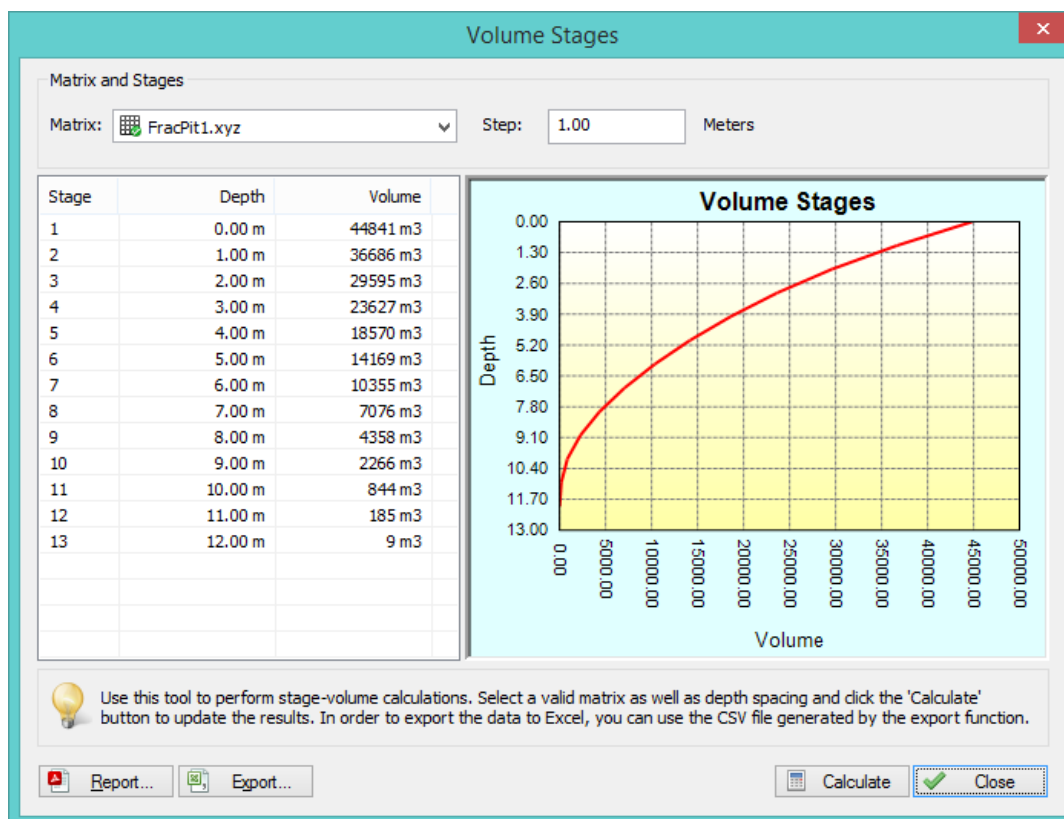


Figure 13 : Exemple de calcul de volume

5.5.2.4 Calcul et extrapolation

L'option de données côtières (berge) peut être utilisée pour saisir des données de profondeur pour des endroits que nous n'avons pas pu atteindre avec votre bateau, par exemple parce que l'eau est trop peu profonde ou la zone est asséchée.



Il peut également être utilisé pour spécifier une ligne de profondeur égale, par exemple là où l'eau atteint le rivage. Dans l'exemple ci-dessus, nous avons défini la profondeur de tous les points de la ligne sur zéro afin de dessiner un littoral à la main.

Par exemple lorsqu'il est possible d'utiliser une carte précise, on sélectionne l'option "Dessiner une limite" dans le menu "Curseur". Ainsi on peut cliquer sur les points qui constituent les segments de ligne du littoral. Une fois terminé, on clique simplement sur le bouton droit de la souris pour stocker la ligne.

Lorsqu'on a fini de dessiner le rivage, la boîte de dialogue "Modifier la limite" apparaîtra. Un littoral est fondamentalement un type spécial de limite dans Hydromagic.

Edit Boundary / Island / Shoreline

Edit View

Boundary Properties

Name: BOUNDARY0001

Perimeter: 8 ftUS Area: 0.237 m2

☐ Include the elevation of this boundary in matrix generation

☐ Use as a shoreline only and draw shape as an open polyline

Easting	Northing	Elevation
769016.036	313017.107	0.000
769017.024	313017.144	0.000
769018.076	313017.319	0.000
769019.082	313017.347	0.000
769017.384	313015.547	0.000

Add Remove Insert Clear... Level...

When the elevation(depth) values of a boundary, island or shoreline are used, the shape is drawn on the map in green, or red when used as boundary only.

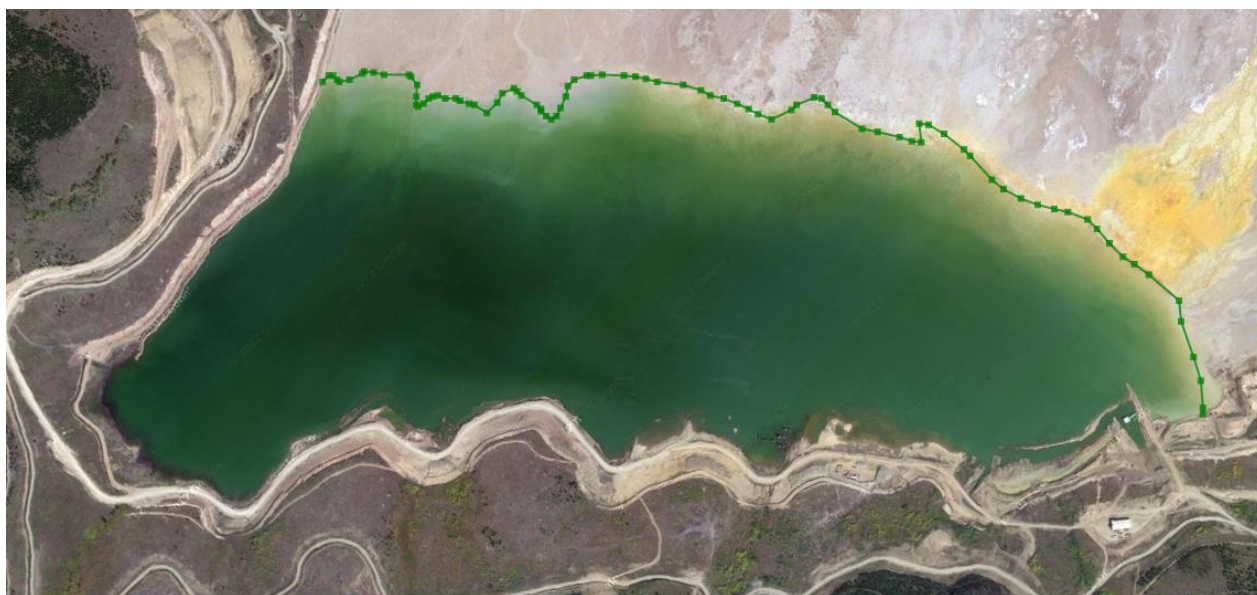
OK Cancel

Pour stocker la ligne ou la zone qu'on vient de tracer comme littoral, on sélectionne une ou plusieurs options. Lorsque cette option est cochée, la forme dessinée sera fermée et servira de limite régulière à une exception près.

On peut définir les valeurs Z pour cette zone afin que les profondeurs ou les élévations le long de la ligne de démarcation soient prises en compte lors de la génération de matrices ou de l'exécution de calculs de volume.

Lors de la sélection de cette option, tous les points de la ligne auront des valeurs Z qui seront incluses dans les générations matricielles.

Puisque la ligne sera traitée comme une polygline ouverte, elle ne peut pas être utilisée comme limite ou comme forme d'îlot.



6 RESULTATS ET INTERPRETATIONS

6.1 ETUDES BATHYMETRIQUES

6.1.1 LEVÉS BATHYMÉTRIQUES ET DÉTERMINATION DES SEMIS DE POINTS

Les relevés bathymétriques avec l'échosondeur bi fréquence ont été effectués dans les zones navigables.

Nous avons utilisé un zodiaque équipé d'un GPS et d'un échosondeur bi fréquence, connecté à un ordinateur portable qui permet de suivre sa vitesse et sa direction. L'acquisition directe des données s'est faite en circulant à vitesse réduite et régulière (afin de réaliser un échantillonnage régulier des points). Le sondeur indique les profondeurs d'eau sous le bateau alors que le GPS intégré acquiert les coordonnées X, Y et Z du positionnement de l'échosondeur.



Figure 14 : Travaux de lever bathymétrie couplé échosondeur EKO EU D032 et récepteur GNSS

Ainsi l'ensemble des données du levé bathymétrique obtenu par le système sondeur/GPS résultent d'une configuration préalablement établie avec les équipements.

NB : La création des transects et les points de levés sont illustrés par la figure suivante

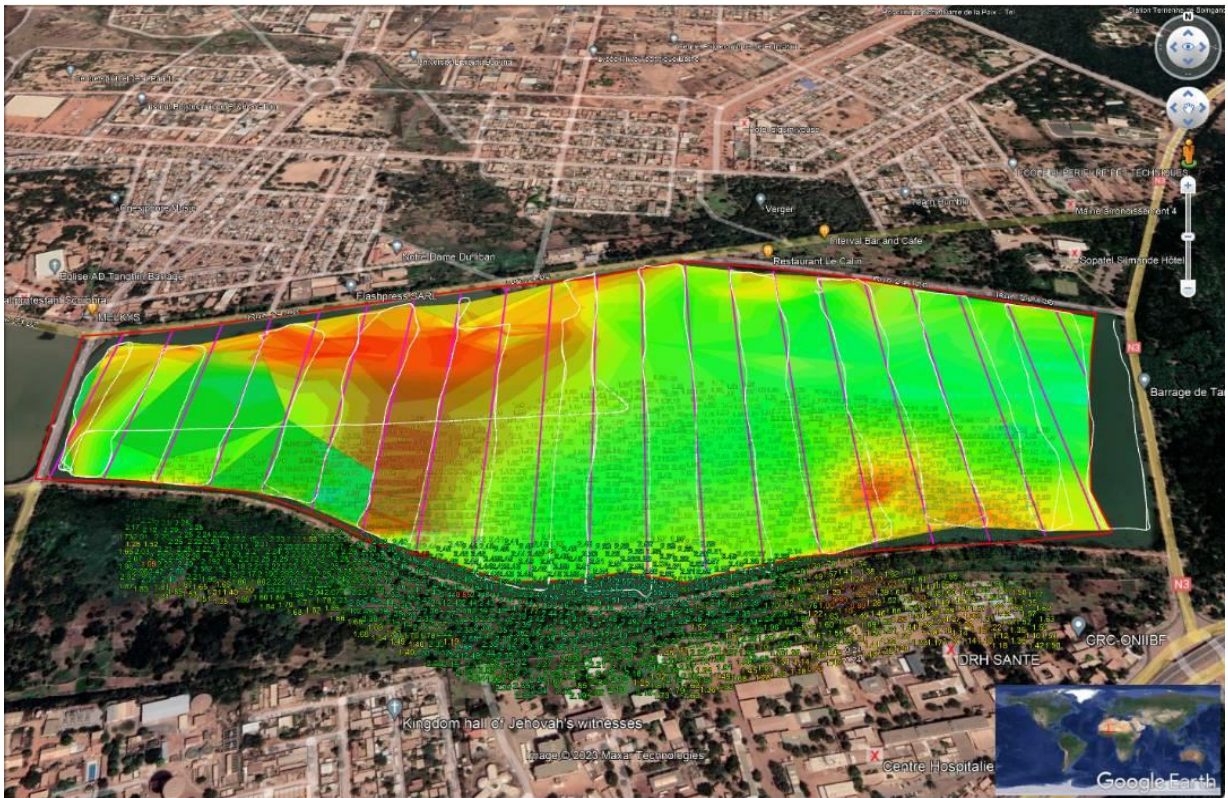


Figure 15 : semis de Points

6.1.2 TAUX DE SÉDIMENTS DES BARRAGES

Le calcul du volume de sédiments se fait à l'aide du logiciel hydromagic. Les résultats finaux y sont présentés comme suit :

6.1.2.1 Volume de sédiments du barrage de ARZOUMBONGO



Eye4Software Hydromagic 9.2
Volumes Report - Matrices

Metadata

Name	Value
Project Name	ARZOUMBONGO
Surveyor	KAM
Date	Monday, April 10, 2023
Horizontal Units	Meters
Vertical Units	Meters
Projection	BFTM

Matrix Information

Name	Value
Matrix 1	Matrix LO.mtx
Layer 1	Layer 1 (Depths: Lo Frequency)
Matrix 2	Matrix HI.mtx
Layer 2	Layer 1 (Depths: Hi Frequency)
Cell Size	1.00 x 1.00 m
Average level difference	0.32 m

Matrix Coverage

	Area (m2)	Area (%)
Overlapped area	1369877	100.0
Non overlapped area	208.0	0.0
Total area	1370085	100.0

Volumes

	Area (m2)	Area (%)	Volume (m3)	Volume (%)
Below reference	1364198	99.6	443575	99.8
Above reference	5679	0.4	788.0	0.2
Equals reference				
Total volume	1370085	100.0	444363	100.0

6.1.2.2 Volume de sédiments du barrage de GASKAYE



Metadata

Name	Value
Project Name	GASKAYE
Surveyor	KAM
Date	Monday, April 10, 2023
Horizontal Units	Meters
Vertical Units	Meters
Projection	BFTM

Matrix Information

Name	Value
Matrix 1	MATRIX LO.mtx
Layer 1	Layer 1 (Depths: Lo Frequency)
Matrix 2	MATRIX HI.mtx
Layer 2	Layer 1 (Depths: Hi Frequency)
Cell Size	1.00 x 1.00 m
Average level difference	0.22 m

Matrix Coverage

	Area (m2)	Area (%)
Overlapped area	313652	99.9
Non overlapped area	263.0	0.1
Total area	313915	100.0

Volumes

	Area (m2)	Area (%)	Volume (m3)	Volume (%)
Below reference	312320	99.5	70165	99.8
Above reference	1332	0.4	132.1	0.2
Equals reference				
Total volume	313915	100.0	70297	100.0

6.1.2.3 Volume de sédiments du barrage de KALZI



Eye4Software Hydromagic 9.2
Volumes Report - Matrices

Metadata

Name	Value
Project Name	KALZI
Surveyor	KAM
Date	Monday, April 10, 2023
Horizontal Units	Meters
Vertical Units	Meters
Projection	BFTM

Matrix Information

Name	Value
Matrix 1	Matrix LO.mtx
Layer 1	Layer 1 (Depths: Lo Frequency)
Matrix 2	Matrix HI.mtx
Layer 2	Layer 1 (Depths: Hi Frequency)
Cell Size	1.00 x 1.00 m
Average level difference	0.54 m

Matrix Coverage

	Area (m2)	Area (%)
Overlapped area	314888	99.9
Non overlapped area	464.0	0.1
Total area	315352	100.0

Volumes

	Area (m2)	Area (%)	Volume (m3)	Volume (%)
Below reference	314617	99.8	168519	100.0
Above reference	271.0	0.1	9.348	0.0
Equals reference				
Total volume	315352	100.0	168528	100.0

6.1.2.4 Volume de sédiments du barrage de NABAZANA



Metadata

Name	Value
Project Name	NABAZANA
Surveyor	KAM
Date	Tuesday, June 27, 2023
Horizontal Units	Meters
Vertical Units	Meters
Projection	WGS 84 / UTM zone 30N

Matrix Information

Name	Value
Matrix 1	MATRIX LO.mtx
Matrix 1 Type	Depths: Lo
Matrix 2	MATRICE HI.mtx
Matrix 2 Type	Depths: Hi
Cell Size	1.000 x 1.000 m
Average level difference	0.137 m

Matrix Coverage

	Area (m2)	Area (%)
Overlapped area	1313638	100.0
Non overlapped area	0.000	0.0
Total area	1313638	100.0

Volumes

	Area (m2)	Area (%)	Volume (m3)	Volume (%)
Below reference	631746	48.1	107885	60.0
Above reference	681892	51.9	72002	40.0
Equals reference				
Total volume	1313638	100.0	179887	100.0

6.1.2.5 Volume de sédiments du barrage de KAONGO



Eye4Software Hydromagic 9.2
Volumes Report - Matrices

Metadata

Name	Value
Project Name	LEVE BATHY KOANGA
Surveyor	KAM
Date	Monday, April 10, 2023
Horizontal Units	Meters
Vertical Units	Meters
Projection	BFTM

Matrix Information

Name	Value
Matrix 1	Matrix LO.mtx
Layer 1	Layer 1 (Depths: Lo Frequency)
Matrix 2	Matrix HI.mtx
Layer 2	Layer 1 (Depths: Hi Frequency)
Cell Size	1.00 x 1.00 m
Average level difference	0.30 m

Matrix Coverage

	Area (m2)	Area (%)
Overlapped area	775755	99.9
Non overlapped area	615.0	0.1
Total area	776370	100.0

Volumes

	Area (m2)	Area (%)	Volume (m3)	Volume (%)
Below reference	774038	99.7	235026	99.9
Above reference	1717	0.2	193.6	0.1
Equals reference				
Total volume	776370	100.0	235219	100.0

6.1.2.6 Volume de sédiments du barrage de NAGBANGRE



Eye4Software Hydromagic 9.2
Volumes Report - Matrices

Metadata

Name	Value
Project Name	NAGBANGRE
Surveyor	KAM
Date	Monday, April 10, 2023
Horizontal Units	Meters
Vertical Units	Meters
Projection	BFTM

Matrix Information

Name	Value
Matrix 1	matrix depth LO.mtx
Layer 1	Layer 1 (Depths: Lo Frequency)
Matrix 2	matrix depth HI.mtx
Layer 2	Layer 1 (Depths: Hi Frequency)
Cell Size	1.00 x 1.00 m
Average level difference	0.25 m

Matrix Coverage

	Area (m2)	Area (%)
Overlapped area	259134	98.9
Non overlapped area	2941	1.1
Total area	262075	100.0

Volumes

	Area (m2)	Area (%)	Volume (m3)	Volume (%)
Below reference	254413	97.1	63530	99.1
Above reference	4721	1.8	565.0	0.9
Equals reference				
Total volume	262075	100.0	64095	100.0

6.1.2.7 Volume de sédiments du barrage de OUAGA 3



Eye4Software Hydromagic 9.2
Volumes Report - Matrices

Metadata

Name	Value
Project Name	OUAGA3
Surveyor	KAM
Date	Sunday, April 9, 2023
Horizontal Units	Meters
Vertical Units	Meters
Projection	BFTM

Matrix Information

Name	Value
Matrix 1	Depth LO.mtx
Layer 1	Layer 1 (Depths: Lo Frequency)
Matrix 2	Depth HI.mtx
Layer 2	Layer 1 (Depths: Hi Frequency)
Cell Size	1.00 x 1.00 m
Average level difference	0.69 m

Matrix Coverage

	Area (m2)	Area (%)
Overlapped area	675670	90.5
Non overlapped area	70526	9.5
Total area	746196	100.0

Volumes

	Area (m2)	Area (%)	Volume (m3)	Volume (%)
Below reference	670258	89.8	465719	99.9
Above reference	5412	0.7	469.4	0.1
Total volume	746196	100.0	466189	100.0

6.1.2.8 Volume de sédiments du barrage de OUAGA 2



Eye4Software Hydromagic 9.2
Volumes Report - Matrices

Metadata

Name	Value
Project Name	ouga2
Surveyor	KAM
Date	Tuesday, April 11, 2023
Horizontal Units	Meters
Vertical Units	Meters
Projection	BFTM

Matrix Information

Name	Value
Matrix 1	Matrix LO.mtx
Layer 1	Layer 1 (Depths: Lo Frequency)
Matrix 2	Matrix HI.mtx
Layer 2	Layer 1 (Depths: Hi Frequency)
Cell Size	1.00 x 1.00 m
Average level difference	0.32 m

Matrix Coverage

	Area (m2)	Area (%)
Overlapped area	492489	100.0
Non overlapped area	87.00	0.0
Total area	492576	100.0

Volumes

	Area (m2)	Area (%)	Volume (m3)	Volume (%)
Below reference	488466	99.2	157179	99.7
Above reference	4023	0.8	464.4	0.3
Equals reference				
Total volume	492576	100.0	157644	100.0

6.1.2.9 Volume de sédiments du barrage de PABRE VILLE



Eye4Software Hydromagic 9.2
Volumes Report - Matrices

Metadata

Name	Value
Project Name	PABRE VILLE
Surveyor	KAM
Date	Sunday, April 9, 2023
Horizontal Units	Meters
Vertical Units	Meters
Projection	BFTM

Matrix Information

Name	Value
Matrix 1	Matrix LO.mtx
Layer 1	Layer 1 (Depths: Lo Frequency)
Matrix 2	Matrix HI.mtx
Layer 2	Layer 1 (Depths: Hi Frequency)
Cell Size	1.00 x 1.00 m
Average level difference	0.26 m

Matrix Coverage

	Area (m2)	Area (%)
Overlapped area	313627	99.0
Non overlapped area	3193	1.0
Total area	316820	100.0

Volumes

	Area (m2)	Area (%)	Volume (m3)	Volume (%)
Below reference	308225	97.3	81372	99.4
Above reference	5402	1.7	525.1	0.6
Total volume	316820	100.0	81897	100.0

6.1.2.10 Volume de sédiments du barrage de TANGHIN YAKIN



Eye4Software Hydromagic 9.2
Volumes Report - Matrices

Metadata

Name	Value
Project Name	TANHIN-yAKIN
Surveyor	KAM
Date	Sunday, April 9, 2023
Horizontal Units	Meters
Vertical Units	Meters
Projection	BFTM

Matrix Information

Name	Value
Matrix 1	MATRIX LO.mtx
Layer 1	Layer 1 (Depths: Lo Frequency)
Matrix 2	MATRIX HI.mtx
Layer 2	Layer 1 (Depths: Hi Frequency)
Cell Size	1.00 x 1.00 m
Average level difference	0.34 m

Matrix Coverage

	Area (m2)	Area (%)
Overlapped area	42823	99.4
Non overlapped area	245.0	0.6
Total area	43068	100.0

Volumes

	Area (m2)	Area (%)	Volume (m3)	Volume (%)
Below reference	42503	98.7	14525	99.9
Above reference	320.0	0.7	16.63	0.1
Equals reference				
Total volume	43068	100.0	14542	100.0

6.1.2.11 Volume de sédiments du barrage de TANSOBENTENGA



Metadata

Name	Value
Project Name	Tansobentenga
Surveyor	KAM
Date	Saturday, April 8, 2023
Horizontal Units	Meters
Vertical Units	Meters
Projection	BFTM

Matrix Information

Name	Value
Matrix 1	Matrix LO.mtx
Layer 1	Layer 1 (Depths: Lo Frequency)
Matrix 2	Matrix HI.mtx
Layer 2	Layer 1 (Depths: HI Frequency)
Cell Size	1.00 x 1.00 m
Average level difference	0.23 m

Matrix Coverage

	Area (m2)	Area (%)
Overlapped area	201816	95.4
Non overlapped area	9707	4.6
Total area	211523	100.0

Volumes

	Area (m2)	Area (%)	Volume (m3)	Volume (%)
Below reference	181272	85.7	42885	93.3
Above reference	20544	9.7	3069	6.7
Equals reference				
Total volume	211523	100.0	45954	100.0

6.1.2.12 Volume de sédiments du barrage de WEDBILA



Metadata

Name	Value
Project Name	WIDBILA
Surveyor	KAM
Date	Saturday, April 8, 2023
Horizontal Units	Meters
Vertical Units	Meters
Projection	BFTM

Matrix Information

Name	Value
Matrix 1	Matrix LO.mtx
Layer 1	Layer 1 (Depths: Lo Frequency)
Matrix 2	Matrix HI.mtx
Layer 2	Layer 1 (Depths: Hi Frequency)
Cell Size	1.00 x 1.00 m
Average level difference	0.23 m

Matrix Coverage

	Area (m2)	Area (%)
Overlapped area	339496	98.6
Non overlapped area	4971	1.4
Total area	344467	100.0

Volumes

	Area (m2)	Area (%)	Volume (m3)	Volume (%)
Below reference	328075	95.2	77788	98.4
Above reference	11421	3.3	1303	1.6
Total volume	344467	100.0	79091	100.0

6.1.2.13 Volume de sédiments du barrage de WOBZOUYOU (BOULBI)



Metadata

Name	Value
Project Name	BOULBI
Surveyor	KAM
Date	Saturday, April 8, 2023
Horizontal Units	Meters
Vertical Units	Meters
Projection	BFTM

Matrix Information

Name	Value
Matrix 1	Matrix LO.mbx
Layer 1	Layer 1 (Depths: Lo Frequency)
Matrix 2	Matrix HI.mbx
Layer 2	Layer 1 (Depths: Hi Frequency)
Cell Size	1.00 x 1.00 m
Average level difference	0.21 m

Matrix Coverage

	Area (m2)	Area (%)
Overlapped area	34141	98.2
Non overlapped area	616.0	1.8
Total area	34757	100.0

Volumes

	Area (m2)	Area (%)	Volume (m3)	Volume (%)
Below reference	33075	95.2	6930	99.0
Above reference	1066	3.1	71.11	1.0
Equals reference				
Total volume	34757	100.0	7001	100.0

6.1.2.14 Volume de sédiments du barrage de BOURA



Eye4Software Hydromagic 9.2
Volumes Report - Matrices

Metadata

Name	Value
Project Name	BOURA
Surveyor	KAM
Date	Tuesday, April 11, 2023
Horizontal Units	Meters
Vertical Units	Meters
Projection	BFTM

Matrix Information

Name	Value
Matrix 1	Matrix LO.mbx
Layer 1	Layer 1 (Depths: Lo Frequency)
Matrix 2	Matrix HI.mbx
Layer 2	Layer 1 (Depths: HI Frequency)
Cell Size	1.00 x 1.00 m
Average level difference	0.19 m

Matrix Coverage

	Area (m2)	Area (%)
Overlapped area	768157	99.8
Non overlapped area	1523	0.2
Total area	769680	100.0

Volumes

	Area (m2)	Area (%)	Volume (m3)	Volume (%)
Below reference	739954	96.1	145112	98.0
Above reference	28203	3.7	3029	2.0
Equals reference				
Total volume	769680	100.0	148141	100.0

6.1.2.15 Volume de sédiments du barrage de EKOULKOALA



Eye4Software Hydromagic 9.2
Volumes Report - Matrices

Metadata

Name	Value
Project Name	EKOULKOALA
Surveyor	KAM
Date	Tuesday, April 18, 2023
Horizontal Units	Meters
Vertical Units	Meters
Projection	BFTM

Matrix Information

Name	Value
Matrix 1	MATRIX LO.mtx
Layer 1	Layer 1 (Depths: Lo Frequency)
Matrix 2	MATRIX HI.mtx
Layer 2	Layer 1 (Depths: Hi Frequency)
Cell Size	1.00 x 1.00 m
Average level difference	0.34 m

Matrix Coverage

	Area (m2)	Area (%)
Overlapped area	140141	100.0
Non overlapped area	29.00	0.0
Total area	140170	100.0

Volumes

	Area (m2)	Area (%)	Volume (m3)	Volume (%)
Below reference	139929	99.8	47804	100.0
Above reference	212.0	0.2	15.62	0.0
Equals reference				
Total volume	140170	100.0	47820	100.0

6.1.2.16 Volume de sédiments du barrage de LOU



Metadata

Name	Value
Project Name	LOU
Surveyor	KAM
Date	Tuesday, April 11, 2023
Horizontal Units	Meters
Vertical Units	Meters
Projection	BFTM

Matrix Information

Name	Value
Matrix 1	MATRIX LO.mbx
Layer 1	Layer 1 (Depths: Lo Frequency)
Matrix 2	MATRIX HI.mbx
Layer 2	Layer 1 (Depths: Hi Frequency)
Cell Size	1.00 x 1.00 m
Average level difference	0.26 m

Matrix Coverage

	Area (m2)	Area (%)
Overlapped area	138891	99.9
Non overlapped area	73.00	0.1
Total area	138964	100.0

Volumes

	Area (m2)	Area (%)	Volume (m3)	Volume (%)
Below reference	137944	99.3	36382	99.7
Above reference	947.0	0.7	112.4	0.3
Equals reference				
Total volume	138964	100.0	36495	100.0

6.1.2.17 Volume de sédiments du barrage de SALBISGO



Metadata

Name	Value
Project Name	SALBISGO
Surveyor	KAM
Date	Tuesday, April 18, 2023
Horizontal Units	Meters
Vertical Units	Meters
Projection	BFTM

Matrix Information

Name	Value
Matrix 1	MATRIX LO.mtx
Layer 1	Layer 1 (Depths: Lo Frequency)
Matrix 2	MATRIX HI.mtx
Layer 2	Layer 1 (Depths: Hi Frequency)
Cell Size	1.00 x 1.00 m
Average level difference	0.19 m

Matrix Coverage

	Area (m2)	Area (%)
Overlapped area	844416	99.9
Non overlapped area	817.0	0.1
Total area	845233	100.0

Volumes

	Area (m2)	Area (%)	Volume (m3)	Volume (%)
Below reference	836089	98.9	159318	99.5
Above reference	8327	1.0	803.3	0.5
Total volume	845233	100.0	160121	100.0

6.1.2.18 Volume de sédiments du barrage de SAVILLI



Eye4Software Hydromagic 9.2
Volumes Report - Matrices

Metadata

Name	Value
Project Name	SAVILLI
Surveyor	KAM
Date	Tuesday, April 18, 2023
Horizontal Units	Meters
Vertical Units	Meters
Projection	BFTM

Matrix Information

Name	Value
Matrix 1	MATRIX LO.mtx
Layer 1	Layer 1 (Depths: Lo Frequency)
Matrix 2	MATRIX HI.mtx
Layer 2	Layer 1 (Depths: Hi Frequency)
Cell Size	1.00 x 1.00 m
Average level difference	0.20 m

Matrix Coverage

	Area (m2)	Area (%)
Overlapped area	535240	99.9
Non overlapped area	467.0	0.1
Total area	535707	100.0

Volumes

	Area (m2)	Area (%)	Volume (m3)	Volume (%)
Below reference	529116	98.8	109104	99.5
Above reference	6124	1.1	577.2	0.5
Equals reference				
Total volume	535707	100.0	109682	100.0

6.1.2.19 Volume de sédiments du barrage de SOAW



Metadata

Name	Value
Project Name	SOAW
Surveyor	KAM
Date	Tuesday, April 18, 2023
Horizontal Units	Meters
Vertical Units	Meters
Projection	BFTM

Matrix Information

Name	Value
Matrix 1	MATRIX LO.mtx
Layer 1	Layer 1 (Depths: Lo Frequency)
Matrix 2	MATRIX HI.mtx
Layer 2	Layer 1 (Depths: Hi Frequency)
Cell Size	1.00 x 1.00 m
Average level difference	0.19 m

Matrix Coverage

	Area (m2)	Area (%)
Overlapped area	482141	99.8
Non overlapped area	1015	0.2
Total area	483156	100.0

Volumes

	Area (m2)	Area (%)	Volume (m3)	Volume (%)
Below reference	478420	99.0	91333	99.7
Above reference	3721	0.8	273.9	0.3
Equals reference				
Total volume	483156	100.0	91607	100.0

6.1.2.20 Volume de sédiments du barrage de SEBOUN



Eye4Software Hydromagic 9.2
Volumes Report - Matrices

Metadata

Name	Value
Project Name	SEBOUN
Surveyor	KAM
Date	Wednesday, April 19, 2023
Horizontal Units	Meters
Vertical Units	Meters
Projection	BFTM

Matrix Information

Name	Value
Matrix 1	MATRIX LO.mtx
Layer 1	Layer 1 (Depths: Lo Frequency)
Matrix 2	MATRIX HI-1.mtx
Layer 2	Layer 1 (Depths: Hi Frequency)
Cell Size	1.00 x 1.00 m
Average level difference	0.23 m

Matrix Coverage

	Area (m2)	Area (%)
Overlapped area	958554	99.8
Non overlapped area	2357	0.2
Total area	960911	100.0

Volumes

	Area (m2)	Area (%)	Volume (m3)	Volume (%)
Below reference	844542	87.9	206782	92.0
Above reference	114012	11.9	17887	8.0
Equals reference				
Total volume	960911	100.0	224669	100.0



Eye4Software Hydromagic 9.2
Volumes Report - Matrices

Metadata

Name	Value
Project Name	SEBOUN
Surveyor	KAM
Date	Wednesday, April 19, 2023
Horizontal Units	Meters
Vertical Units	Meters
Projection	BFTM

Matrix Information

Name	Value
Matrix 1	MATRIX LO-2.mtx
Layer 1	Layer 1 (Depths: Lo Frequency)
Matrix 2	MATRIX HI-2.mtx
Layer 2	Layer 1 (Depths: Hi Frequency)
Cell Size	1.00 x 1.00 m
Average level difference	0.14 m

Matrix Coverage

	Area (m2)	Area (%)
Overlapped area	1287182	99.6
Non overlapped area	4644	0.4
Total area	1291826	100.0

Volumes

	Area (m2)	Area (%)	Volume (m3)	Volume (%)
Below reference	1256390	97.3	178821	98.0
Above reference	30792	2.4	3698	2.0
Total volume	1291826	100.0	182519	100.0

Le volume de sédiment de chaque retenue est résumé dans le tableau ci-dessous avec la hauteur moyenne de sédiment, fonction de la superficie de la retenue.

Tableau 4 : Volume de sédiments des retenues

N°	Désignation	Superficie m ²	(Volume des sédiments m ³)	Hauteur moyenne de sédiment (m)
1.	ARZOUMBONGO	1370085	444363	0.32
2.	GASKAYE	313915	70297	0.22
3.	KALZI	316352	168528	0.54
4.	KOANGA	776370	235219	0.30
5.	NAGBANGRE	262075	64095	0.25
6.	OUAGA 3	746196	466189	0.69
7.	OUAGA 2	492576	157644	0.32
8.	PABRE VILLE	316820	81897	0.26
9.	TANGHIN YAKIN	43068	14542	0.34
10.	TANSOBENTENGA	211523	45954	0.23
11.	WEDBILA	344467	79091	0.23
12.	WOBZOUYOU	34757	7001	0.21
13.	BOURA	769680	148141	0.19
14.	EKOULKOALA	140170	47820	0.34
15.	LOU	138964	36495	0.26
16.	SALBISGO	845233	160121	0.19
17.	SAVILI	535707	109682	0.20
18.	SOAW	483156	91607	0.19
19.	SEBOUN	2252737	407288	0.18
20.	KAONGO	776370	235219	0.30

6.2 CAPACITÉ DES RETENUES

Le tableau ci-dessous présente de façon comparée la capacité des retenues objets de l'étude, sur la base des informations disponibles avant les études bathymétriques et celles obtenues à l'issues desdites études.

Tableau 5 : Comparaison des capacités de chaque retenue avant et après les études bathymétriques

N	DESIGNATION	Capacités [m3] selon des données fournies par le PAEA	Capacités [m3] estimés après à partir des études bathymétriques
1	KAONGO	<i>Information non disponible</i>	1 665 799
2	OUAGA 2	6 130 000	863 616
3	OUAGA 3	2 700 000	4 241 002
4	GRAND TANSOBENTINGA	2 667 000	1 306 659
5	WEDBILA	2 480 000	2 287 034
6	NAGBANGRE	2 300 000	2 071 780
7	ARZOUMBAONGO	10 208 000	4 534 109
8	GASKAYE	2 040 000	1 709 163
9	NAABANZANA	<i>Information non disponible</i>	2 601 758
10	PABRE	1 545 000	1 157 251
11	KALZI	1 530 000	771 000
12	WOBZOUYOU	<i>Information non disponible</i>	403 718
13	SEBOUN	10 300 000	10 930 726
14	BOURA	4 200 000	1 919 346
15	TANGHIN YAKIN	<i>Information non disponible</i>	1 130 966
16	SAVILI	2 300 000	992 156
17	EKOULKOALA	2 100 000	1 028 850
18	LOU	1 500 000	596 626
19	SOAW	1 420 000	1 385 089
20	SALBISGO	360 000	1 665 799

En comparant la capacité estimée après les études bathymétriques pour chaque retenue d'avec les données fournies par le PAEA sur ladite retenue, on peut noter que 19 des 20 retenues ont vu leur capacité baisser depuis leurs mises en eau. Pour certaines de ces retenues, leurs capacités ont été réduites de plus de la moitié. Cette situation s'explique par la logique naturelle de l'envasement des retenues d'eau. Aussi, le niveau d'envasement de chaque retenue est fonction des caractéristiques physiques de son bassin versant. Ce qui pourrait expliquer la disparité du niveau d'envasement de chaque retenue par rapport à son état initial.

Toutefois, on note que pour la retenue Seboun on note que la valeur estimée après les études bathymétriques est proche de celle fournie par le PAEA. Ce qui vient confirmer cette donnée issue de la réhabilitation de ladite retenue, réalisée en 2019.

6.3 DÉLIMITATION DES BASSINS VERSANTS

Les limites des bassins versant des barrages, établies à partir des logiciel ArcGIS et Global Mapper sont présentées dans les figures suivantes.

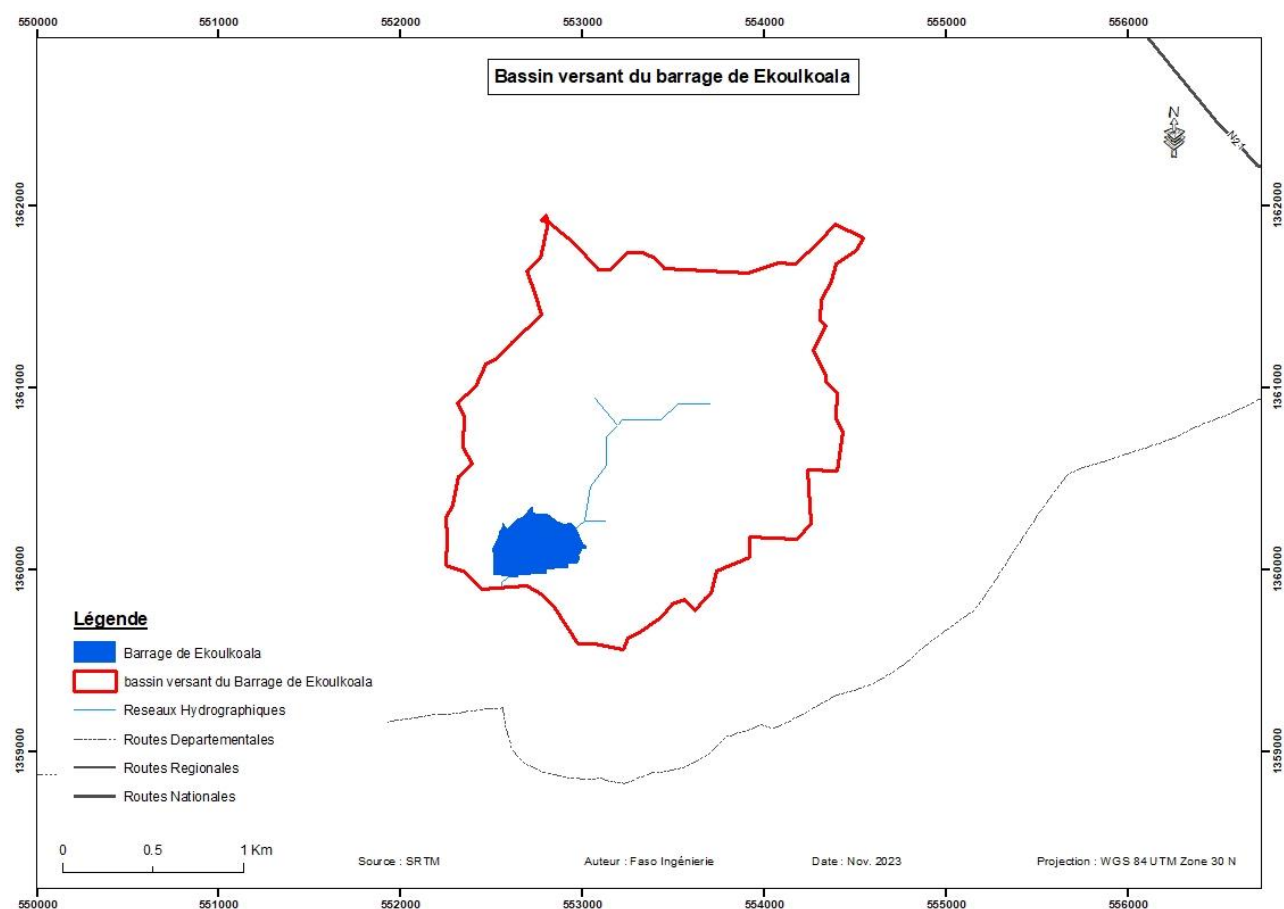


Figure 16 : Bassin versant du barrage de EKOULKOALA

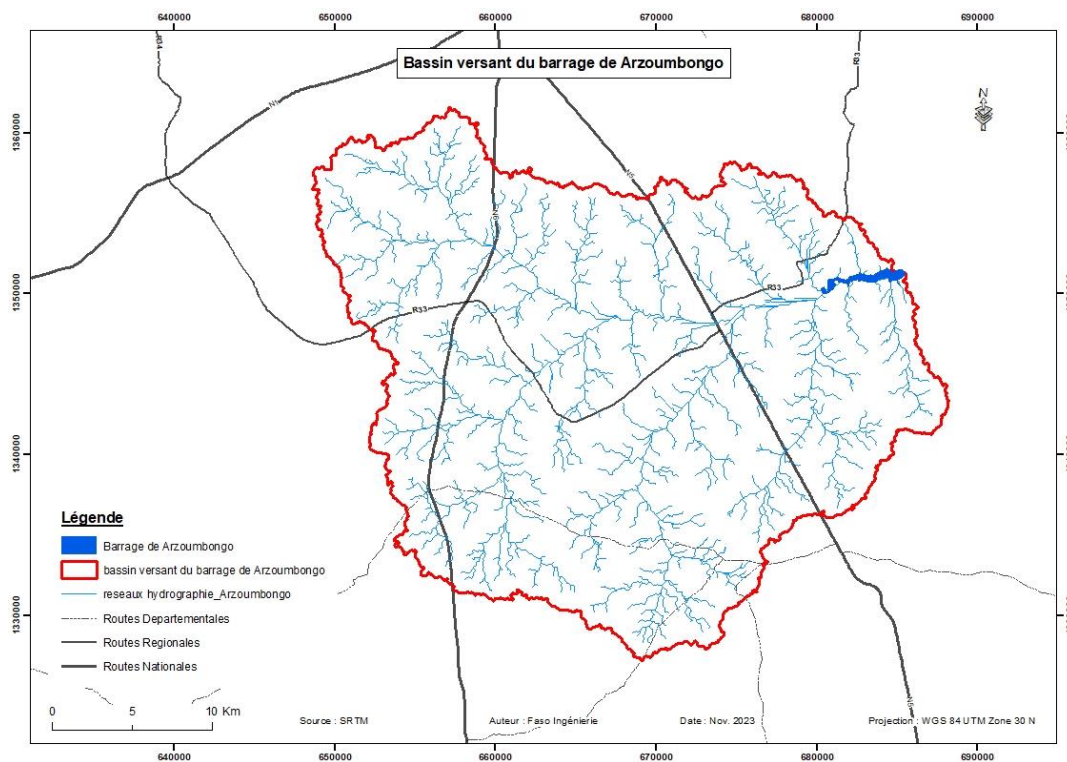


Figure 17 : Bassin versant du barrage de ARZOUMBONGO

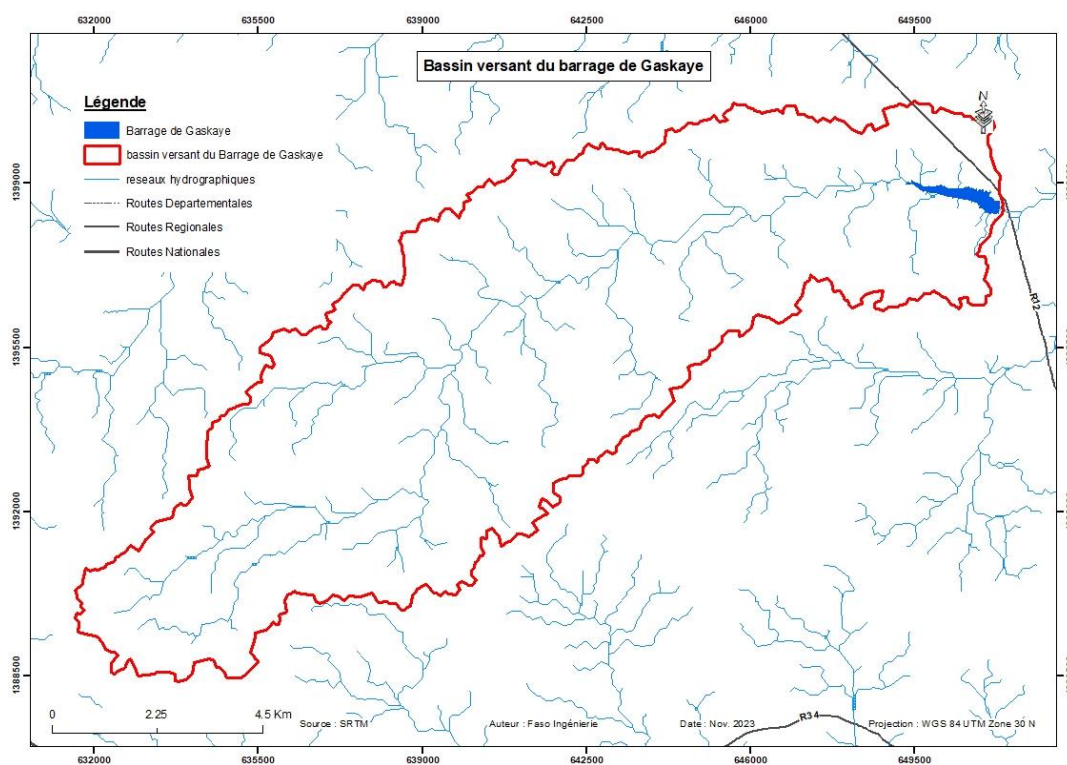


Figure 18 : Bassin versant du barrage de GASKAYE

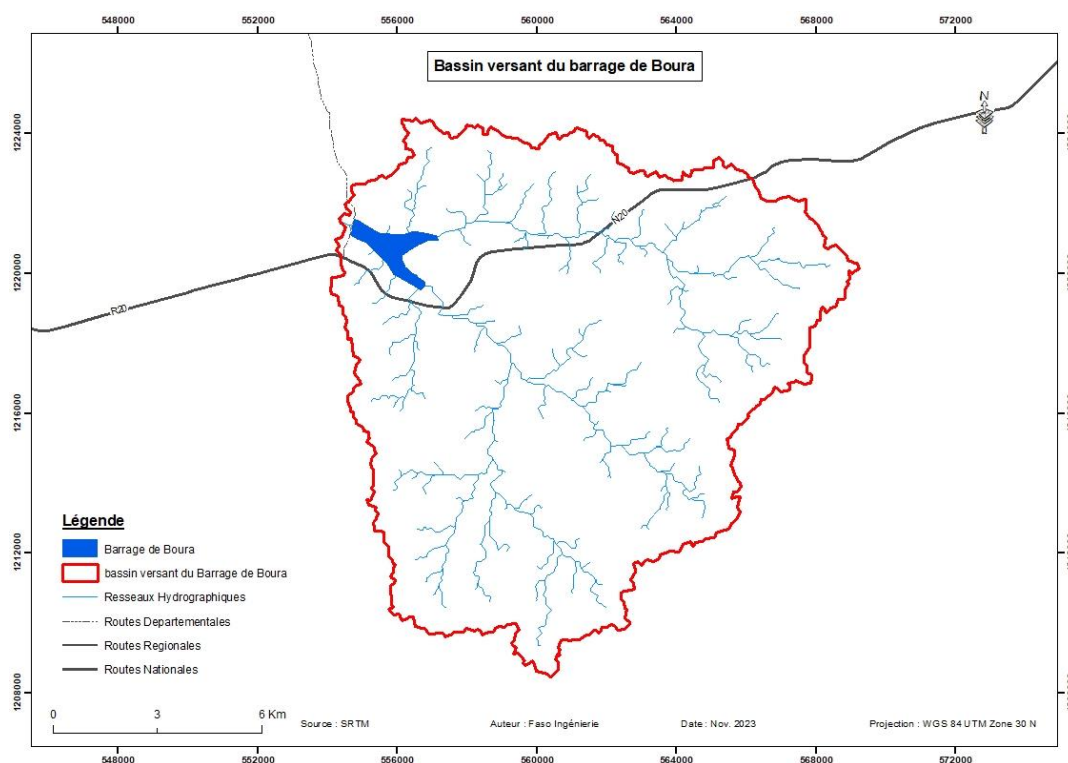


Figure 19 : Bassin versant du barrage de BOURA

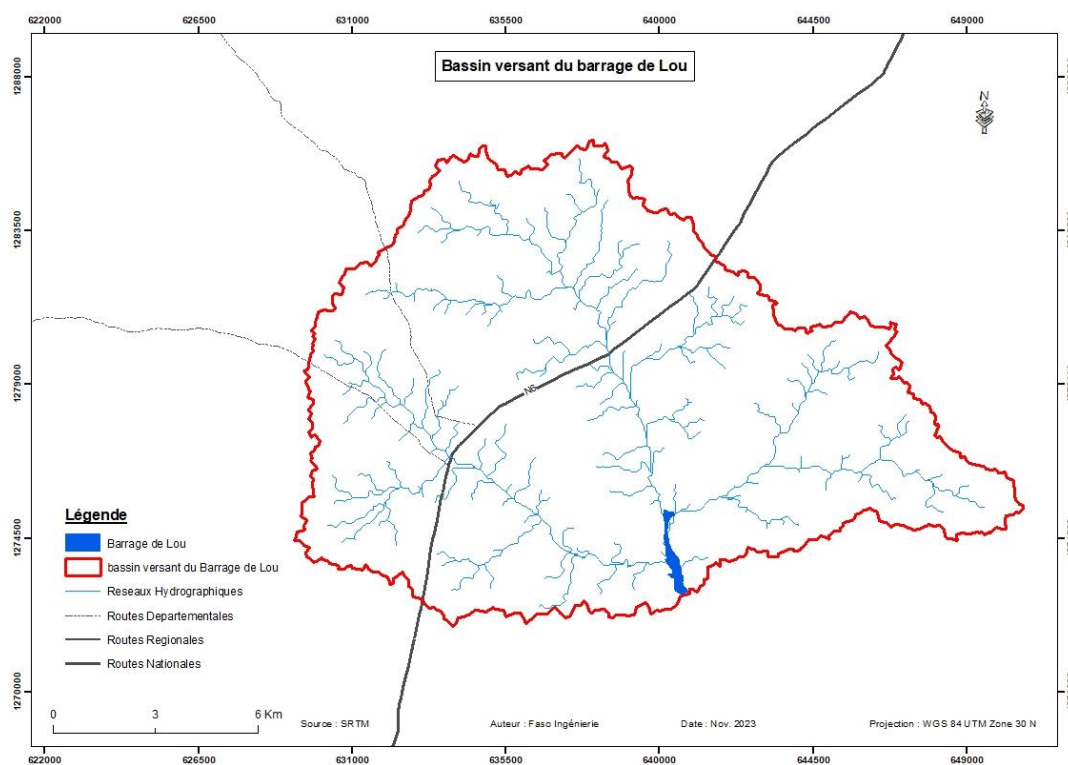


Figure 20 : Bassin versant du barrage de LOU

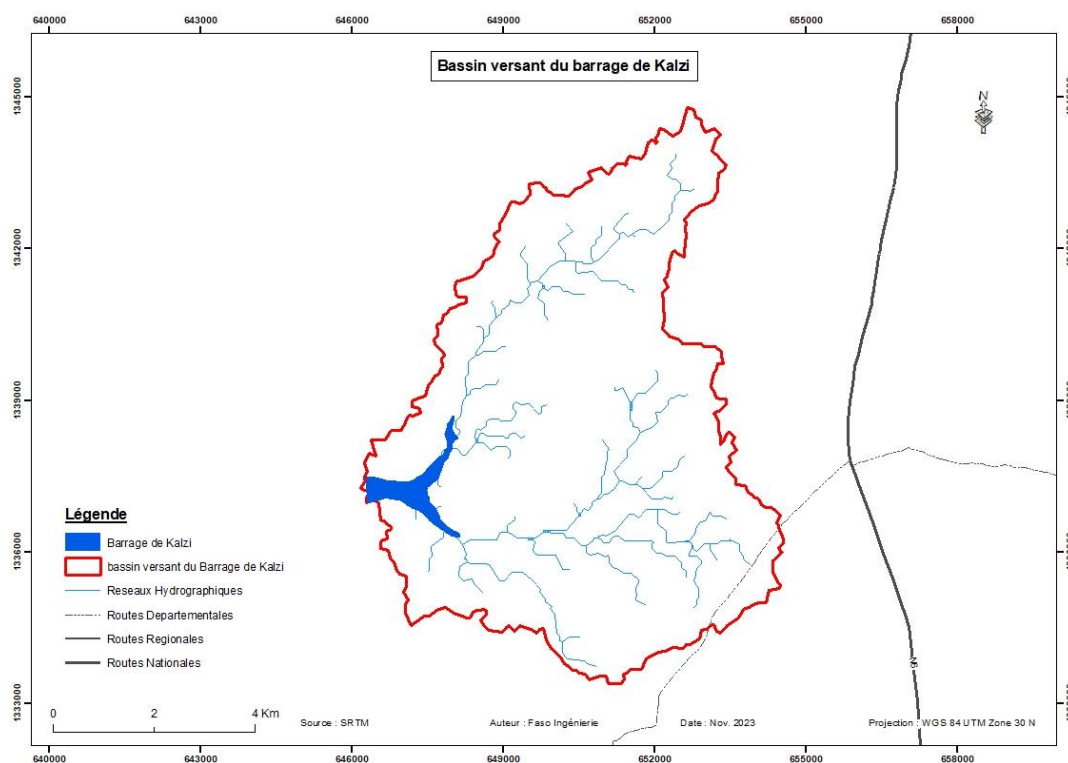


Figure 21 : Bassin versant du barrage de KALZI

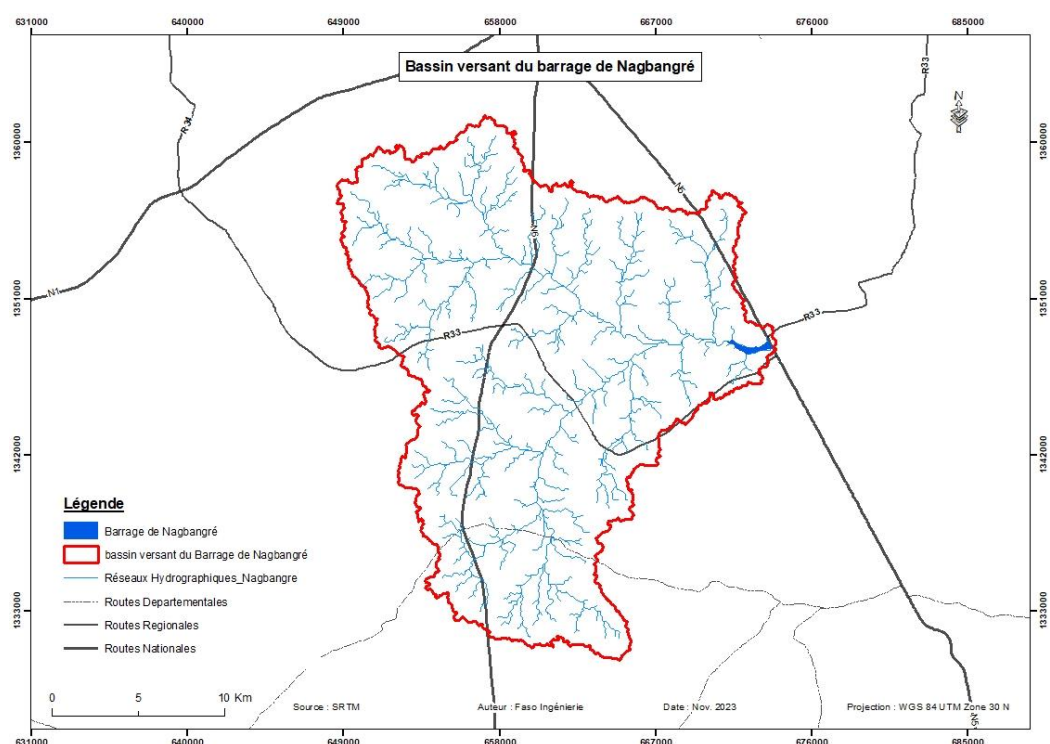


Figure 22 : Bassin versant du barrage de NAGBANGRE

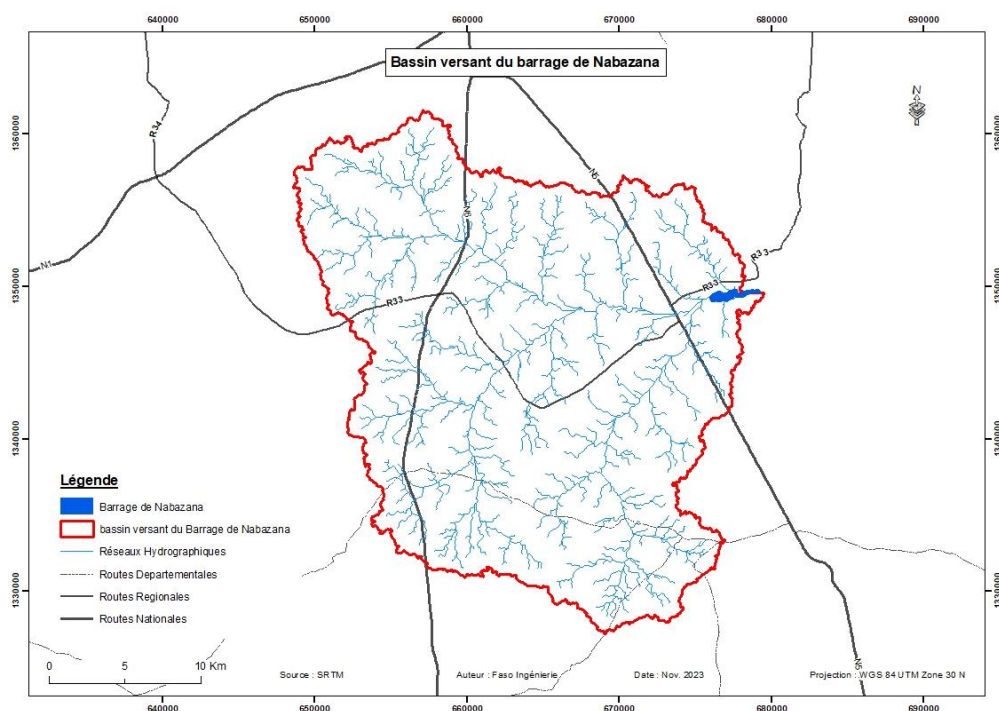


Figure 23 : Bassin versant du barrage de NABAZANA

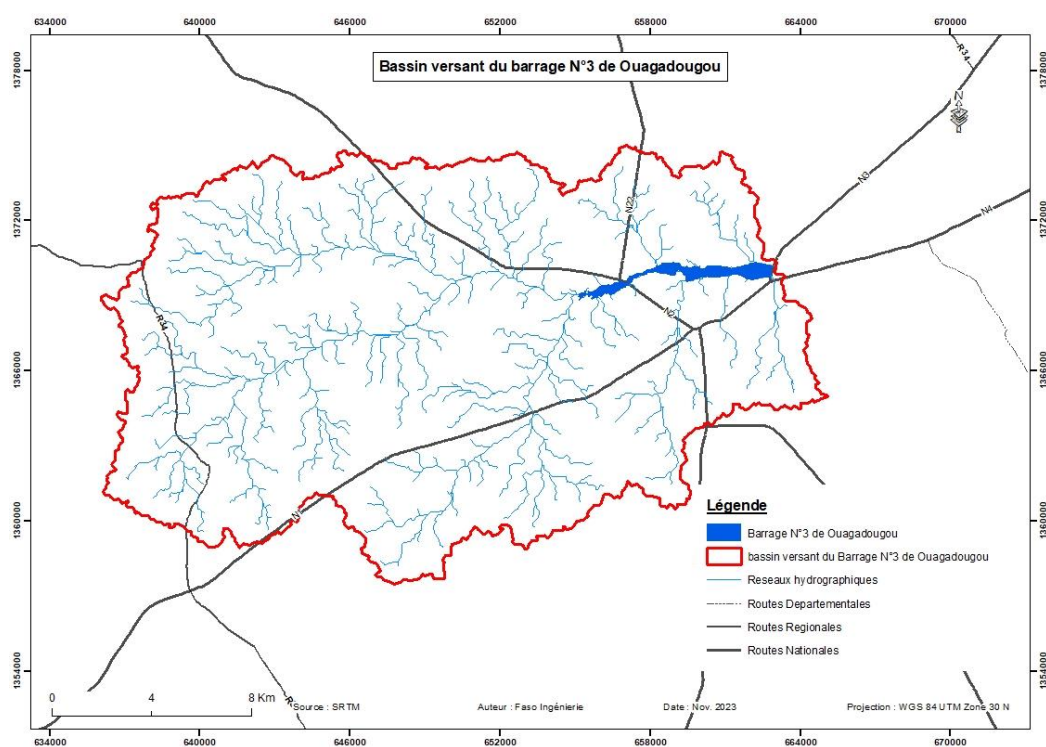


Figure 24 : Bassin versant du barrage N°3 de OUAGA

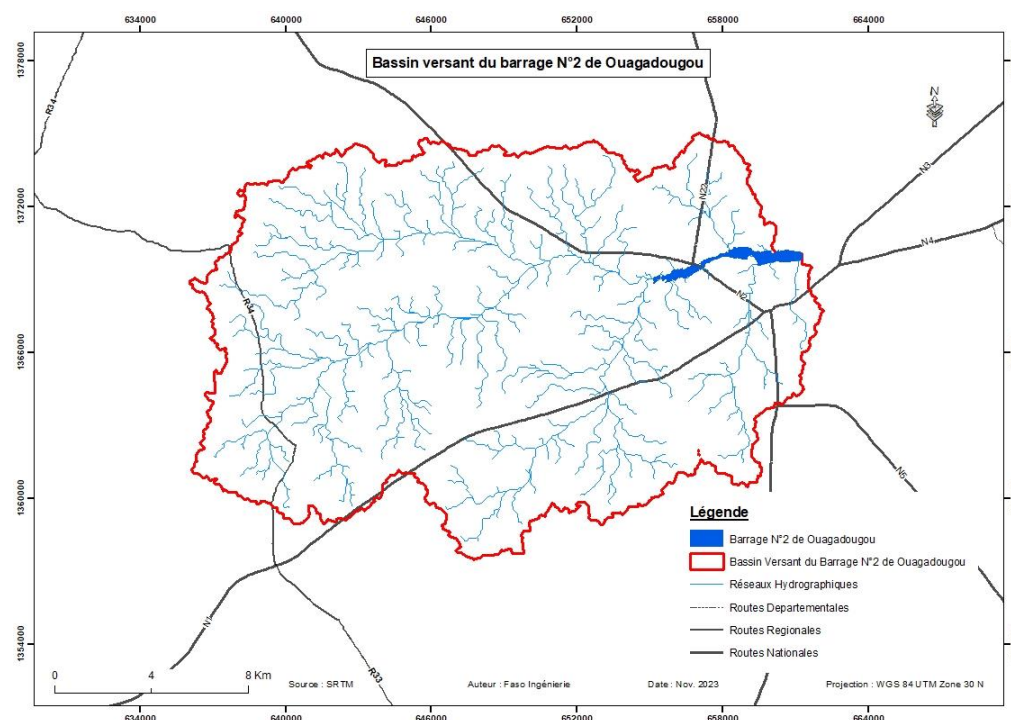


Figure 25 : Bassin versant du barrage N°2 de OUAGA

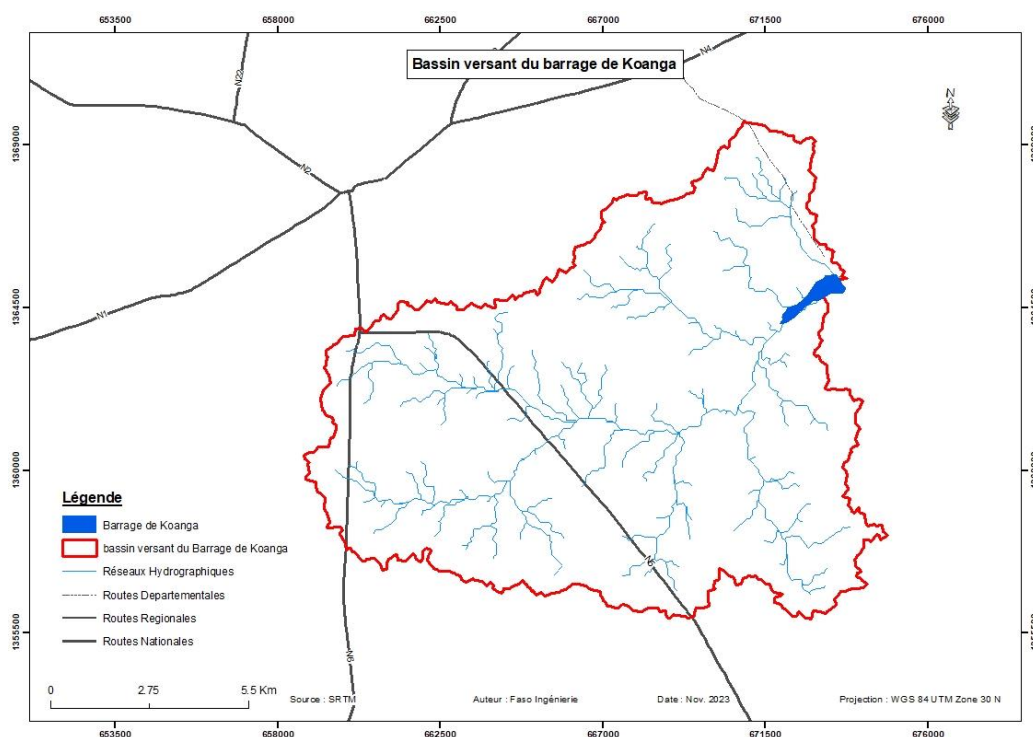


Figure 26 : Bassin versant du barrage de KAONGO

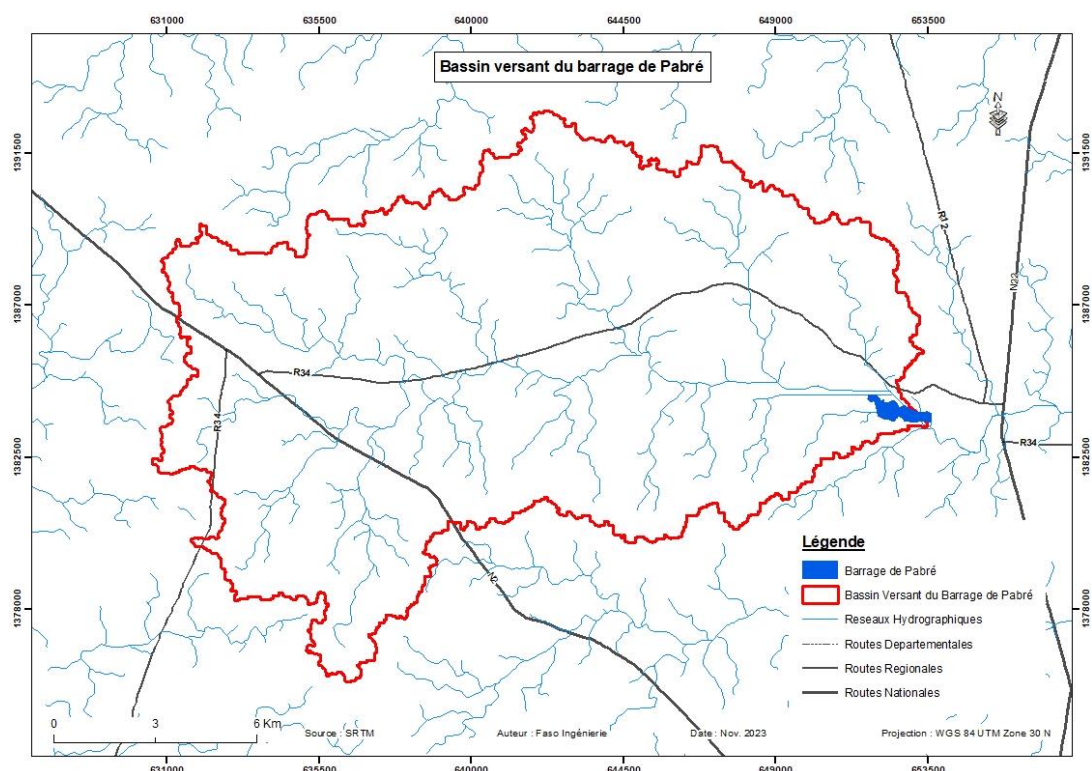


Figure 27 : Bassin versant du barrage de PABRE VILLE

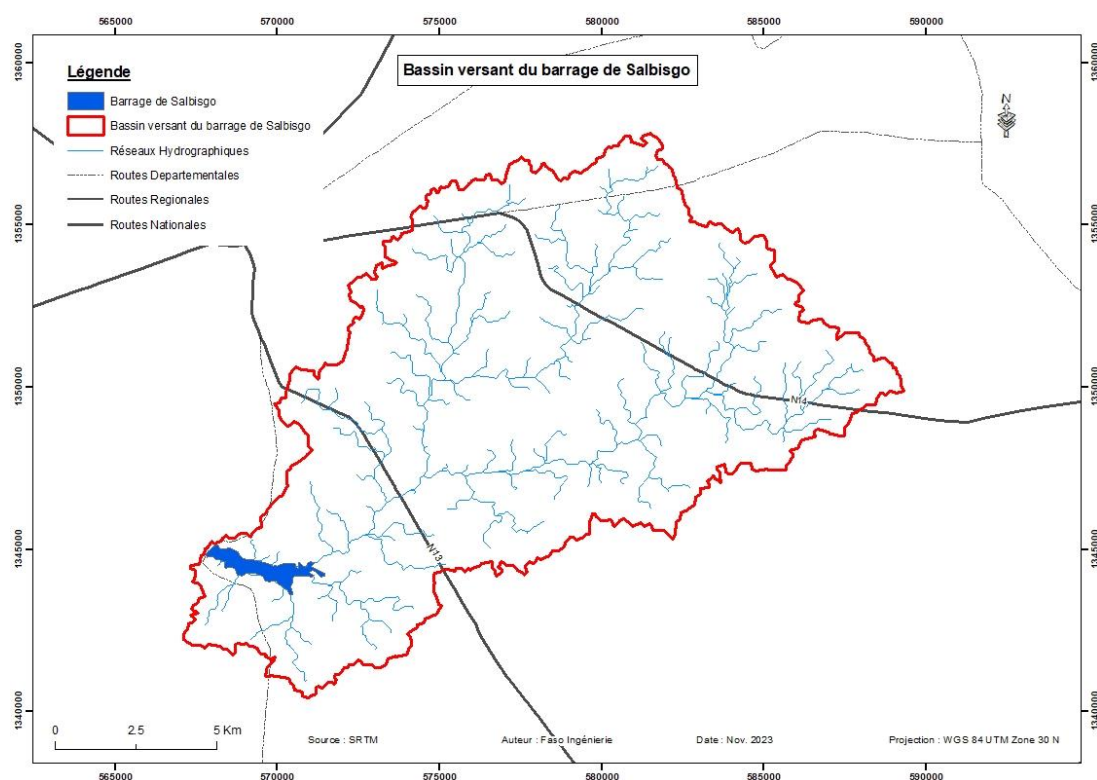


Figure 28 : Bassin versant du barrage de SALBISGO

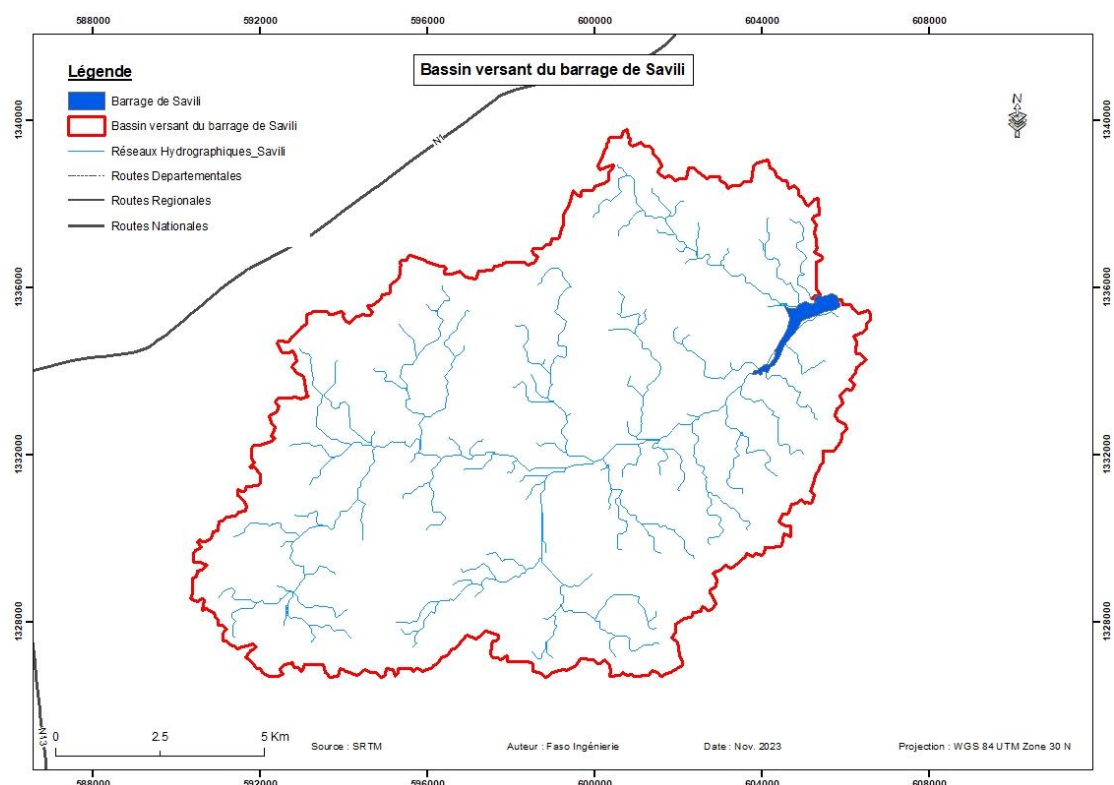


Figure 29 : Bassin versant du barrage de SAVILI

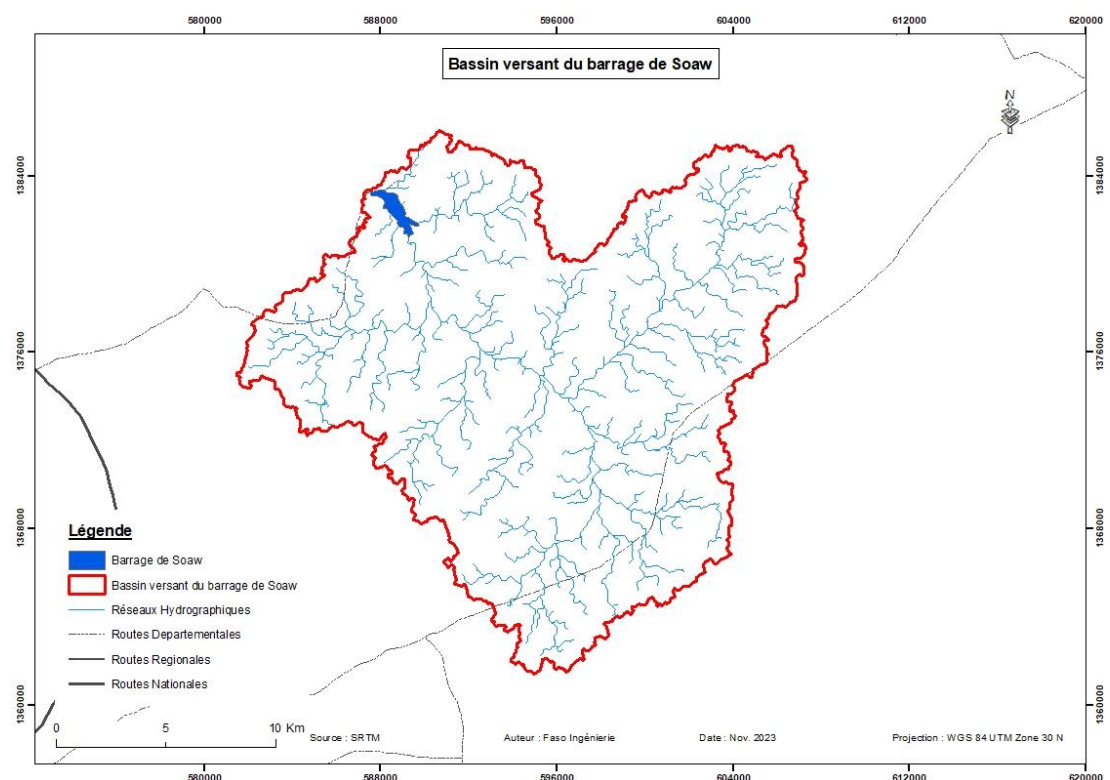


Figure 30 : Bassin versant du barrage de SOAW

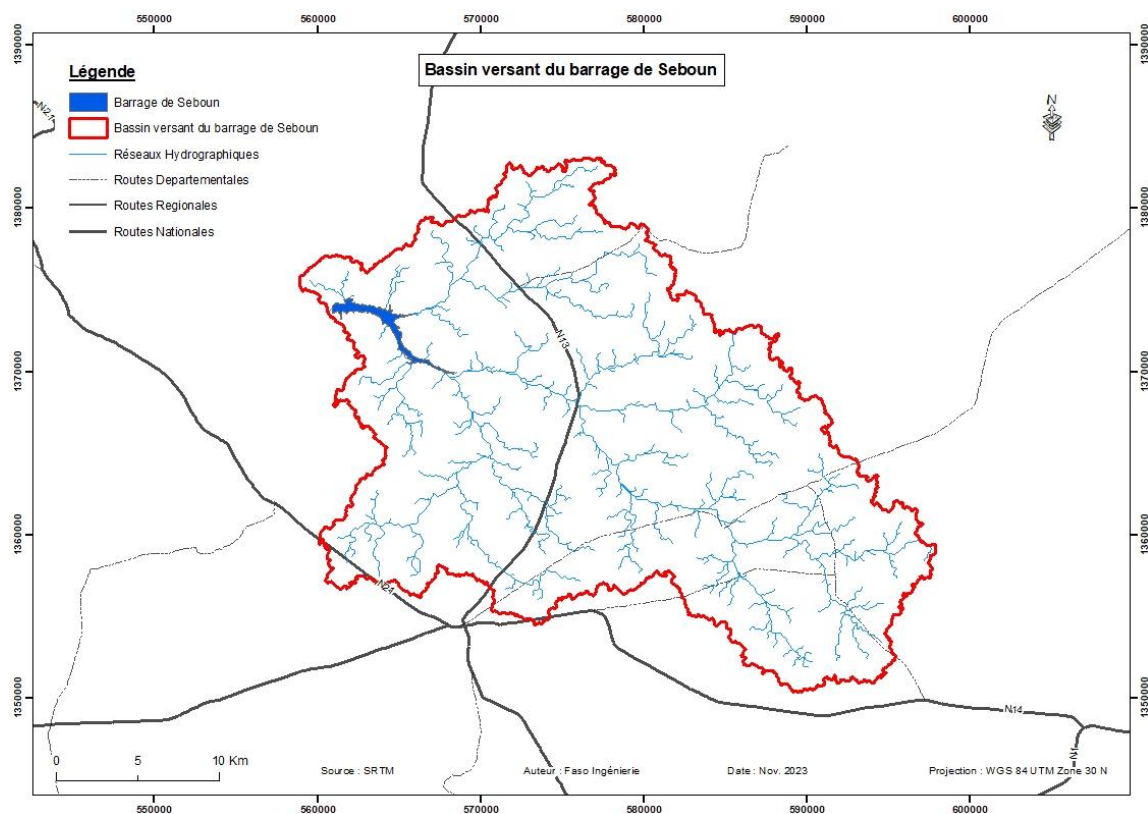


Figure 31 : Bassin versant du barrage de SEBOUN

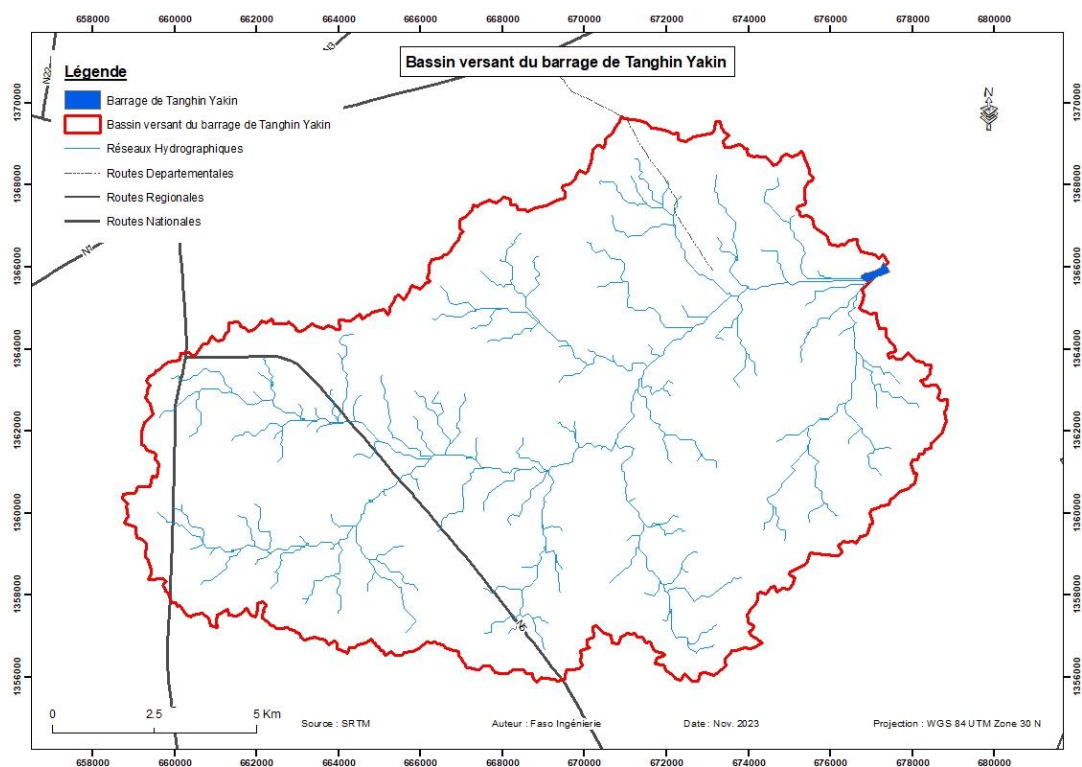


Figure 32 : Bassin versant du barrage de TANGHIN YAKIN

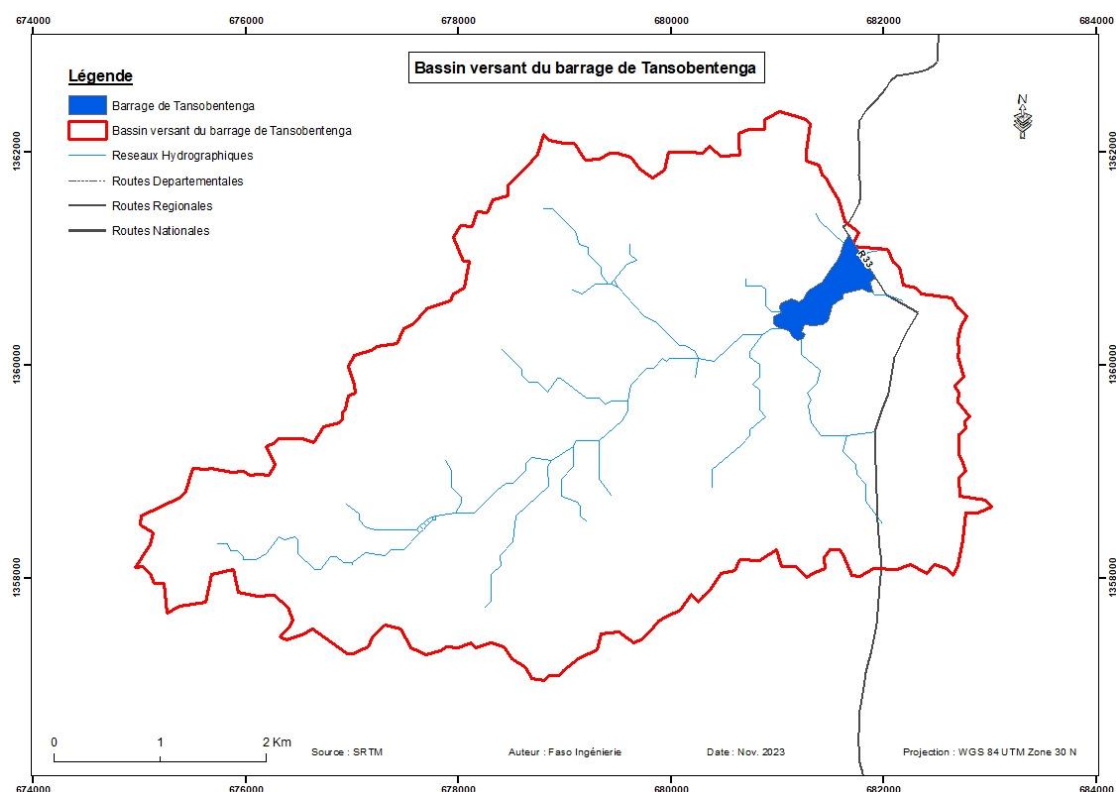


Figure 33 : Bassin versant du barrage de TANSOBENTANGA

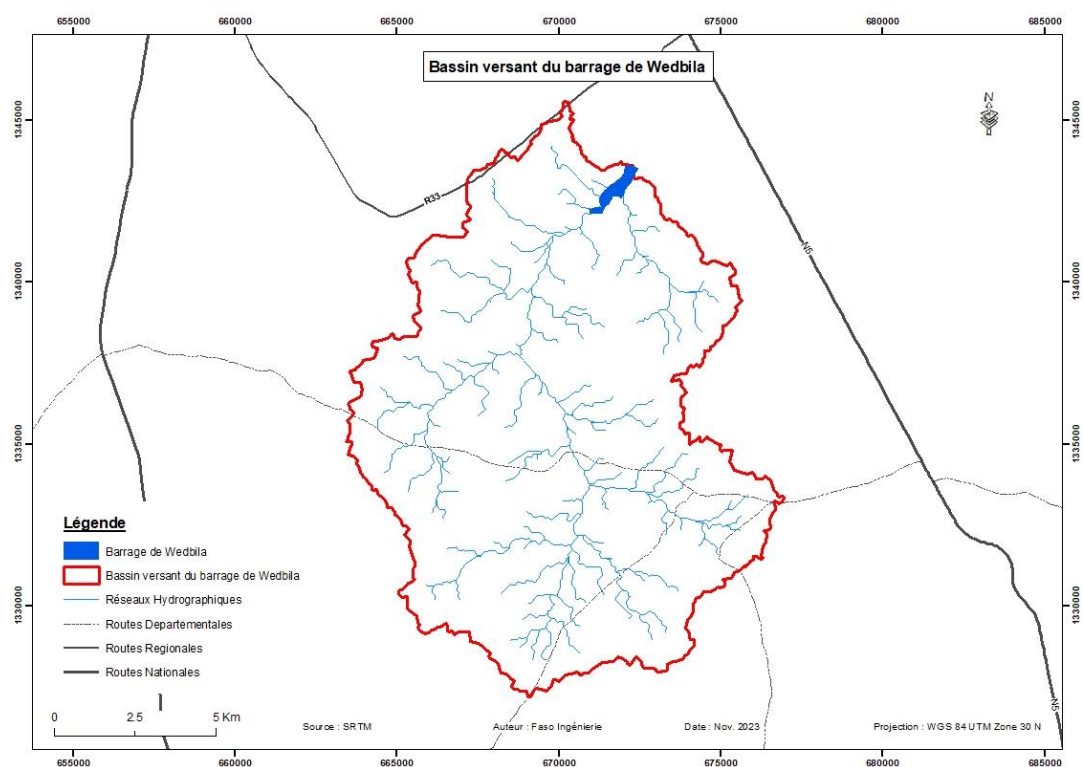


Figure 34 : Bassin versant du barrage de WEDBILA

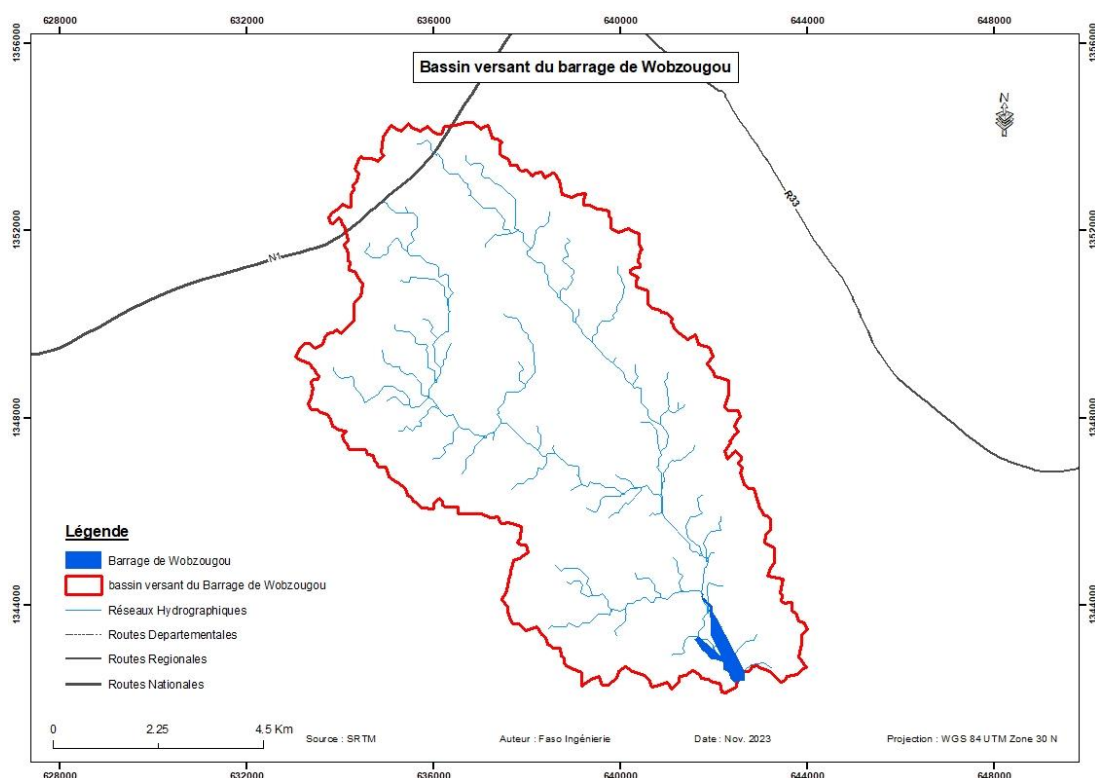


Figure 35 : Bassin versant du barrage de WOBZOUGOU

6.4 ETUDE DES APPORTS DE SÉDIMENTS PAR LES MÉTHODES EMPIRIQUES

Ainsi les valeurs des dépôts solides adoptées sont la valeurs moyennes données par les deux méthodes (GOTTSCALK et L'EIER-CIEH (J. M. GRESILLON)) et sont présentées dans le tableau suivant.

Tableau 6 : Estimations des dépôts solides dans les cuvettes par les méthodes empiriques

Bassins versants		Dépôts solides		
		Formules empiriques		
Barrages	Superficie	EIER-CIEH (J. M. Grésillon)	GOTTSCALK	Moyenne
(-)	(Km ²)	(m ³)	(m ³)	(m ³)
ARZOUNBONGO	853.00	2617662.10	3839780.45	3228721.28
GASKAYE	103.00	379007.66	555956.47	467482.06
KALZI	55.00	111008.41	162835.35	136921.88
NABAZANA	676.00	3122500.89	4580315.34	3851408.12
KOANGA	137.00	549326.78	805793.17	677559.98
NAGBANGRE	449.00	3543366.70	5197672.45	4370519.58
OUAGA 3	360.00	2089800.38	3065473.81	2577637.09

Bassins versants		Dépôts solides		
		Formules empiriques		
Barrages	Superficie	EIER-CIEH (J. M. Grésillon)	GOTTSCALK	Moyenne
(-)	(Km ²)	(m ³)	(m ³)	(m ³)
OUAGA 2	335.00	1958722.35	2873198.86	2415960.61
PABRE VILLE	221.00	2328808.40	3416068.46	2872438.43
TANGHIN YAKIN	176.00	799853.40	1173284.15	986568.78
TANSOBENTENGA	24.00	102160.87	149857.13	126009.00
WEDBILA	149.00	688520.12	1009972.26	849246.19
WOBZOUYOU	74.00	51172.94	75064.25	63118.59
BOURA	156.00	1053906.04	979141.54	1016523.79
EKOULKOALA	3.00	43628.16	40533.16	42080.66
LOU	183.00	486693.70	452167.47	469430.58
SALBISGO	185.00	1136543.45	1055916.62	1096230.04
SAVILI	134.00	850209.21	789895.05	820052.13
SOAW	361.00	1962249.78	1823047.04	1892648.41
SEBOUN	705.00	1843200.05	1712442.74	1777821.39

6.5 ANALYSE COMPARÉE DES VALEURS DES DÉPÔTS SOLIDES (MÉTHODE EMPIRIQUE ET BATHYMÉTRIE)

Le tableau ci-dessous présente la synthèse des résultats des estimations des dépôts solides dans les cuvettes des vingt (20) barrages objet de l'étude.

Tableau 7 : Synthèse des dépôts solides dans les cuvettes des barrages

Bassins versants		Dépôts solides			
		Formules empiriques			Echosondeur Bi-fréquence
Barrages	Superficie	EIER-CIEH (J. M. Grésillon)	GOTTSCALK	Moyenne	
(-)	(Km ²)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)
ARZOUNBONGO	853.00	2617662.10	3839780.45	3228721.28	444363.00
GASKAYE	103.00	379007.66	555956.47	467482.06	70297.00
KALZI	55.00	111008.41	162835.35	136921.88	168528.00
NABAZANA	676.00	3122500.89	4580315.34	3851408.12	179887.00
KOANGA	137.00	549326.78	805793.17	677559.98	235219.00
NAGBANGRE	449.00	3543366.70	5197672.45	4370519.58	64095.00

Bassins versants		Dépôts solides			
		Formules empiriques			Echosondeur Bi-fréquence
Barrages	Superficie	EIER-CIEH (J. M. Grésillon)	GOTTSCALK	Moyenne	
(-)	(Km ²)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)
OUAGA 3	360.00	2089800.38	3065473.81	2577637.09	466189.00
OUAGA 2	335.00	1958722.35	2873198.86	2415960.61	157644.00
PABRE VILLE	221.00	2328808.40	3416068.46	2872438.43	81897.00
TANGHIN YAKIN	176.00	799853.40	1173284.15	986568.78	14542.00
TANSOBENTENGA	24.00	102160.87	149857.13	126009.00	45954.00
WEDBILA	149.00	688520.12	1009972.26	849246.19	79091.00
WOBZOUYOU	74.00	51172.94	75064.25	63118.59	7001.00
BOURA	156.00	1053906.04	979141.54	1016523.79	148141.00
EKOULKOALA	3.00	43628.16	40533.16	42080.66	47820.00
LOU	183.00	486693.70	452167.47	469430.58	36495.00
SALBISGO	185.00	1136543.45	1055916.62	1096230.04	160121.00
SAVILI	134.00	850209.21	789895.05	820052.13	109682.00
SOAW	361.00	1962249.78	1823047.04	1892648.41	91607.00
SEBOUN	705.00	1843200.05	1712442.74	1777821.39	407288.00

Au regard des résultats du tableau ci-dessus, nous constatons que pour les bassins versants de superficies inférieures à 55 km², les estimations des dépôts solides à partir des formules empiriques sont presque identiques à celles obtenues à partir de l'échosondeur bi-fréquence. Pour les bassins versants de superficies supérieures à 55 km², les dépôts solides estimés par les formules empiriques sont très largement supérieurs comparés aux dépôts solides estimés à partir de l'échosondeur bi-fréquence.

Plusieurs raisons pourraient expliquer l'écart relativement important entre les mesures de l'échosondeur bi-fréquence et les valeurs calculées par les formules empiriques, même si, dans quelques cas les mesures tendent à valider les calculs. En effet, les dépôts solides réels peuvent être relativement éloignés du résultat donné par les formules empiriques selon le type de sols, la mise en culture, mais aussi selon la valeur du coefficient de ruissellement moyen annuel, de l'intensité de la pluie et de son énergie. De notables variations régionales sont donc prévisibles.

Toutes les formules étant basées sur des modèles mathématiques empiriques, la qualité des résultats obtenus en dehors du contexte spécifique dans lequel le modèle a été établi reste difficile à apprécier.

Pour illustrer la disparité des dépôts solides observés, on peut citer en exemple un échantillon de sept barrages répartis sur l'ensemble du territoire du Burkina Faso et qui ont fait l'objet de mesures de l'envasement (EIER, 1995-1998).

Tableau 8 : Illustrations de la disparité des dépôts solides observés (Source : EIER, 1995-1998)

BARRAGES	Volta blanche	Kompienga	Goundi	Samboendi	Vi	Mogtéo	Boulbi
D mesurées	6,2	53	160	260	52	137	75
D calculées (Gottschalk)	93	109	181	158	165	140	164
D calculées (EIER - CIEH)	153	80	134	188	97	164	137

L'écart relativement important entre certaines mesures et les valeurs calculées correspondantes du tableau ci-dessus confirme les remarques faites précédemment sur la variabilité des résultats donnés par les formules empiriques.

6.6 ÉTUDES DES CUVETTES ET ESTIMATION DES CAPACITÉS DES RETENUES

A la suite du traitement des données et de la production de différentes pièces, nous avons procédé à l'analyse des résultats en tenant compte de la réalité actuelle et des objectifs du projet.

6.6.1 ESTIMATION DES VOLUMES DES RETENUES

Les mesures topographiques et bathymétriques effectuées ont permis de déterminer la configuration actuelle de la cuvette de la retenue de chaque barrage.

À l'aide du logiciel hydromagic, nous avons effectué le traitement des données collectées sur chaque retenue ce qui nous a permis d'évaluer le volume maximal susceptible d'être stocké pour chaque retenue.

Tableau 9 : Volumes des retenues d'eau

N	DESIGNATION	SUPERFICIE (m ²)	CAPACITE (volume m ³)	COORDONNEES	
				LONGITUDE	LATITUDE
1	Koanga	1 298 253,92	1 665 798,95	-1,406323	12,345222
2	Ouaga 2	822 140,28	1 665 799	-1,534857	12,387736
3	Ouaga 3	864 387,94	863 616	-1,508998	12,388723
4	Grand tansobentinga	839 813,43	4 241 002	-1,328575	12,306757
5	Wedbila	1 310 431,83	1 306 659	-1,417472	12,147887
6	Nagbangre	1 311 585,87	2 287 034	-1,406476	12,192481

N	DESIGNATION	SUPERFICIE (m ²)	CAPACITE (volume m ³)	COORDONNEES	
				LONGITUDE	LATITUDE
7	Arzoumbaongo	2472442,19	2 071 780	-1,298029	12,217779
8	Gaskaye	1 143 591,42	4 534 109	-1,606778	12,646333
9	Naabanzana	2 638 516,89	1 709 163	-1,352292	12,226494
10	Pabre	553 066,46	2 601 758	-1,586525	12,512275
11	Kalzi	552 832,69	1 157 251	-1,655861	12,093222
12	Wobzougou	389 003,62	771 000	-1,727902	12,219382
13	Seboun	5 106 351,56	403 718	-2,439722	12,426222
14	Boura	1041445,53	10 930 726	-2,498833	11,049167
15	Tanghin Yakin	840 969,69	1 919 346	-2,432167	12,432833
16	Savili	1 200 663,54	1 130 966	-2,027778	12,079306
17	Ekoulkoala	510 346,14	992 156	-2,516083	12,301639
18	Lou	1 330 299,49	1 028 850	-1,709861	11,5115
19	Soaw	2 035 144,54	596 626	-2,19175	12,512333
20	Salbisgo	1 791 576,27	1 385 089	-2,364967	12,161421

6.6.2 ÉTABLISSEMENT DES COURBES HAUTEURS-VOLUMES-SURFACES

Les courbes caractéristiques des barrages qui permettent de lier la hauteur de la lame d'eau à la superficie inondée dans la cuvette (hauteurs-surfaces) et aux volumes d'eau stockés dans la cuvette (hauteurs-volumes) ont été élaborées à partir du planimétrage du plan de masse et sont présentées ci-après ; avec :

- **Cote de courbe de niveau** : lue directement sur le plan topographique (format AUTOCAD) ;
- **Superficie dominée à la côte** : Elle est mesurée directement sur le plan topographique (format AUTOCAD) ;
- **Dénivelée** : c'est la différence de niveau entre deux courbes successives (Cote courbe de niveau(i+1) – cote courbe de niveau(i))
- **Superficie moyenne dominée entre côtes successives (ha)** est calculée par la formule suivante : $[(\text{superficie}(i) + \text{superficie}(i+1)) / 2]$
- **Volume partiel (volume d'eau entre cotes successives)** = 10 000 x (4) x (5)
- **Volume d'eau cumulé à la cote (m3)** : volume cumulé(i) + volume partiel(i+1)

6.6.2.1 Courbes hauteur-volume-surface du barrage de BOURA

Tableau 10 : Tableau d'étalonnage des courbes Hauteur-Volume-Surface du barrage de BOURA

Cotes (m)	Surfaces (m2)	Dénivelée (m)	Hauteur (m)	Surface moyenne (m2)	Volume élémentaire (m3)	Volume cumulé (m3)
269.60	51.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
269.80	686.00	0.20	0.20	368.50	73.70	73.70
270.00	2216.00	0.20	0.40	1451.00	290.20	363.90
270.20	4999.00	0.20	0.60	3607.50	721.50	1085.40
270.40	9555.00	0.20	0.80	7277.00	1455.40	2540.80
270.60	17152.00	0.20	1.00	13353.50	2670.70	5211.50
270.80	29109.00	0.20	1.20	23130.50	4626.10	9837.60
271.00	50682.00	0.20	1.40	39895.50	7979.10	17816.70
271.20	84070.00	0.20	1.60	67376.00	13475.20	31291.90
271.40	128065.00	0.20	1.80	106067.50	21213.50	52505.40
271.60	193877.00	0.20	2.00	160971.00	32194.20	84699.60
271.80	285574.00	0.20	2.20	239725.50	47945.10	132644.70
272.00	389902.00	0.20	2.40	337738.00	67547.60	200192.30
272.20	497445.00	0.20	2.60	443673.50	88734.70	288927.00
272.40	614275.00	0.20	2.80	555860.00	111172.00	400099.00
272.60	707329.00	0.20	3.00	660802.00	132160.40	532259.40
272.80	750775.00	0.20	3.20	729052.00	145810.40	678069.80
273.00	769353.00	0.20	3.40	760064.00	152012.80	830082.60
273.20	768757.00	0.20	3.60	769055.00	153811.00	983893.60
273.40	790752.00	0.20	3.80	779754.50	155950.90	1139844.50
273.60	850224.12	0.20	4.00	820488.06	164097.61	1303942.11
273.80	1064757.00	0.20	4.20	957490.56	191498.11	1495440.22
274.00	1018134.06	0.20	4.40	1041445.53	208289.11	1703729.33
274.20	1138036.03	0.20	4.60	1078085.04	215617.01	1919346.34
274.40	1234467.18	0.20	4.80	1186251.61	237250.32	2156596.66
274.60	1323075.69	0.20	5.00	1278771.43	255754.29	2412350.95
274.80	1389975.69	0.20	5.20	1356525.69	271305.14	2683656.08
275.00	1462682.84	0.20	5.40	1426329.26	285265.85	2968921.94
275.20	1530734.30	0.20	5.60	1496708.57	299341.71	3268263.65

Cotes (m)	Surfaces (m2)	Dénivelée (m)	Hauteur (m)	Surface moyenne (m2)	Volume élémentaire (m3)	Volume cumulé (m3)
275.40	1595750.00	0.20	5.80	1563242.15	312648.43	3580912.08
275.60	1656545.68	0.20	6.00	1626147.84	325229.57	3906141.65
275.80	1721699.33	0.20	6.20	1689122.51	337824.50	4243966.15
276.00	1779022.28	0.20	6.40	1750360.80	350072.16	4594038.31
276.20	1833862.59	0.20	6.60	1806442.44	361288.49	4955326.80
276.40	1893687.43	0.20	6.80	1863775.01	372755.00	5328081.80

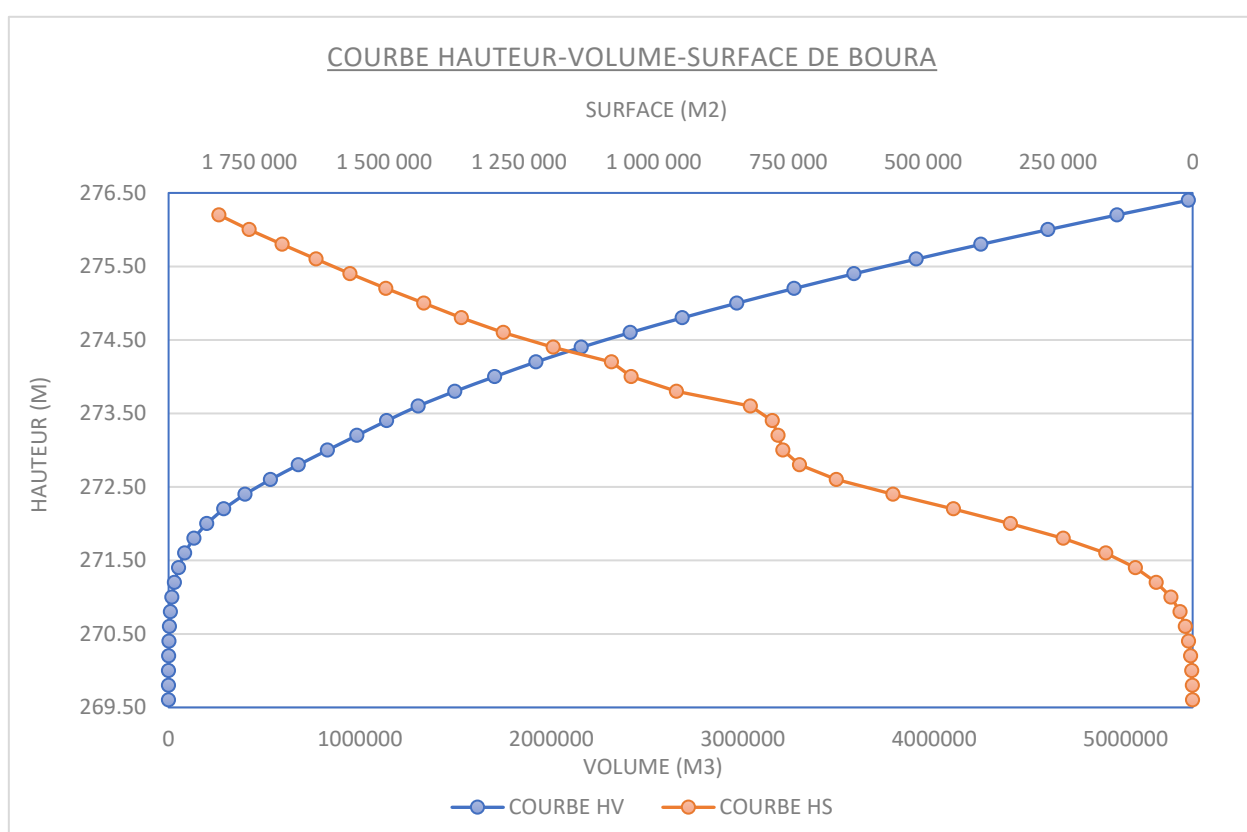


Figure 36 : courbes hauteur-Volume et Hauteur surface du barrage de BOURA

6.6.2.2 Courbes Hauteur-Volume-Surface du barrage de ARZOUNBONGO

Tableau 11 : Tableau d'étalonnage des courbes Hauteur-Volume-Surface du barrage de ARZOUNBONGO

Cotes (m)	Surfaces (m2)	Dénivelée (m)	Hauteur (m)	Surface moyenne (m2)	Volume élémentaire (m3)	Volume cumulé (m3)
266.80	13.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Cotes (m)	Surfaces (m2)	Dénivelée (m)	Hauteur (m)	Surface moyenne (m2)	Volume élémentaire (m3)	Volume cumulé (m3)
267.00	162.00	0.20	0.20	87.50	17.50	17.50
267.20	540.00	0.20	0.40	351.00	70.20	87.70
267.40	1304.00	0.20	0.60	922.00	184.40	272.10
267.60	2891.00	0.20	0.80	2097.50	419.50	691.60
267.80	6889.00	0.20	1.00	4890.00	978.00	1669.60
268.00	19229.00	0.20	1.20	13059.00	2611.80	4281.40
268.20	52293.00	0.20	1.40	35761.00	7152.20	11433.60
268.40	123179.00	0.20	1.60	87736.00	17547.20	28980.80
268.60	282839.00	0.20	1.80	203009.00	40601.80	69582.60
268.80	505463.00	0.20	2.00	394151.00	78830.20	148412.80
269.00	709555.00	0.20	2.20	607509.00	121501.80	269914.60
269.20	964968.00	0.20	2.40	837261.50	167452.30	437366.90
269.40	1199750.00	0.20	2.60	1082359.00	216471.80	653838.70
269.60	1327199.00	0.20	2.80	1263474.50	252694.90	906533.60
269.80	1370015.00	0.20	3.00	1348607.00	269721.40	1176255.00
270.00	1370015.00	0.20	3.20	1370015.00	274003.00	1450258.00
270.20	1370015.00	0.20	3.40	1370015.00	274003.00	1724261.00
270.40	1370015.00	0.20	3.60	1370015.00	274003.00	1998264.00
270.60	1484808.14	0.20	3.80	1427411.57	285482.31	2283746.31
270.80	1714394.43	0.20	4.00	1599601.29	319920.26	2603666.57
271.00	1810680.73	0.20	4.20	1762537.58	352507.52	2956174.09
271.20	1932247.43	0.20	4.40	1871464.08	374292.82	3330466.90
271.40	2053814.14	0.20	4.60	1993030.79	398606.16	3729073.06
271.60	2287886.51	0.20	4.80	2170850.33	434170.07	4163243.13
271.75	2656997.86	0.15	4.95	2472442.19	370866.33	4534109.45

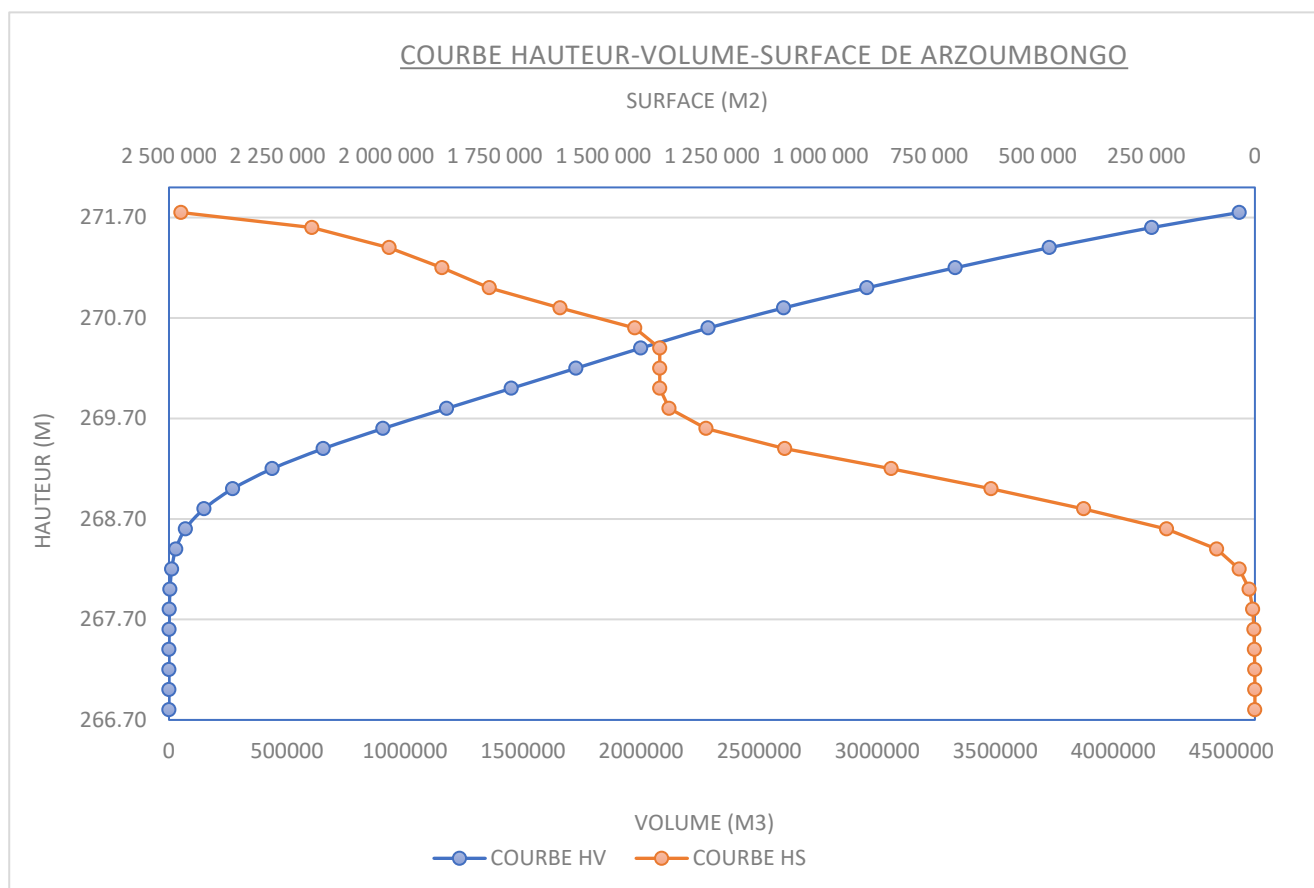


Figure 37 : courbes hauteur-Volume et Hauteur surface du barrage de ARZOUMBONGO

6.6.2.3 Courbe Hauteur-Volume-Surface du barrage de EKOULKOALA

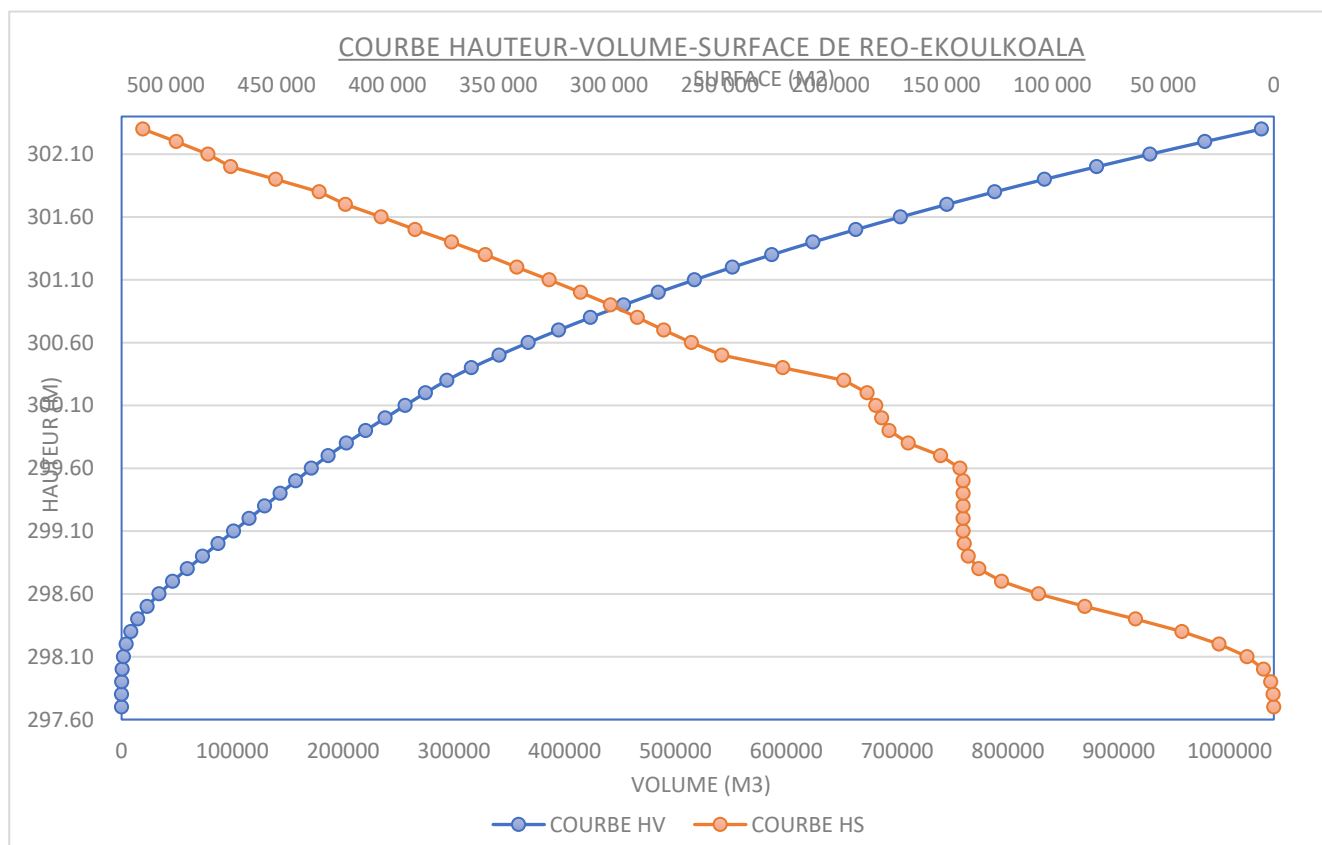
Tableau 12 : Tableau d'étalonnage des courbes Hauteur-Volume-Surface du barrage de EKOULKOALA

Cotes (m)	Surfaces (m2)	Dénivelée (m)	Hauteur (m)	Surface moyenne (m2)	Volume élémentaire (m3)	Volume cumulé (m3)
297.70	20.00	-	-	-	-	-
297.80	479.00	0.10	0.10	249.50	24.95	24.95
297.90	2 221.00	0.10	0.20	1 350.00	135.00	159.95
298.00	7 064.00	0.10	0.30	4 642.50	464.25	624.20
298.10	17 012.00	0.10	0.40	12 038.00	1 203.80	1 828.00
298.20	32 332.00	0.10	0.50	24 672.00	2 467.20	4 295.20
298.30	50 619.00	0.10	0.60	41 475.50	4 147.55	8 442.75
298.40	74 130.00	0.10	0.70	62 374.50	6 237.45	14 680.20
298.50	96 371.00	0.10	0.80	85 250.50	8 525.05	23 205.25
298.60	115 945.00	0.10	0.90	106 158.00	10 615.80	33 821.05

Cotes (m)	Surfaces (m2)	Dénivelée (m)	Hauteur (m)	Surface moyenne (m2)	Volume élémentaire (m3)	Volume cumulé (m3)
298.70	129 736.00	0.10	1.00	122 840.50	12 284.05	46 105.10
298.80	136 506.00	0.10	1.10	133 121.00	13 312.10	59 417.20
298.90	139 208.00	0.10	1.20	137 857.00	13 785.70	73 202.90
299.00	140 165.00	0.10	1.30	139 686.50	13 968.65	87 171.55
299.10	140 170.00	0.10	1.40	140 167.50	14 016.75	101 188.30
299.20	140 170.00	0.10	1.50	140 170.00	14 017.00	115 205.30
299.30	140 170.00	0.10	1.60	140 170.00	14 017.00	129 222.30
299.40	140 170.00	0.10	1.70	140 170.00	14 017.00	143 239.30
299.50	140 170.00	0.10	1.80	140 170.00	14 017.00	157 256.30
299.60	143 063.32	0.10	1.90	141 616.66	14 161.67	171 417.97
299.70	157 627.31	0.10	2.00	150 345.31	15 034.53	186 452.50
299.80	172 191.30	0.10	2.10	164 909.30	16 490.93	202 943.43
299.90	175 007.15	0.10	2.20	173 599.22	17 359.92	220 303.35
300.00	178 855.70	0.10	2.30	176 931.42	17 693.14	237 996.49
300.10	180 285.35	0.10	2.40	179 570.52	17 957.05	255 953.54
300.20	186 755.29	0.10	2.50	183 520.32	18 352.03	274 305.58
300.30	201 319.28	0.10	2.60	194 037.28	19 403.73	293 709.30
300.40	241 766.48	0.10	2.70	221 542.88	22 154.29	315 863.59
300.50	256 330.47	0.10	2.80	249 048.47	24 904.85	340 768.44
300.60	269 248.02	0.10	2.90	262 789.25	26 278.92	367 047.36
300.70	281 385.25	0.10	3.00	275 316.64	27 531.66	394 579.03
300.80	292 983.99	0.10	3.10	287 184.62	28 718.46	423 297.49
300.90	305 696.59	0.10	3.20	299 340.29	29 934.03	453 231.52
301.00	319 934.99	0.10	3.30	312 815.79	31 281.58	484 513.10
301.10	334 109.30	0.10	3.40	327 022.14	32 702.21	517 215.31
301.20	349 056.79	0.10	3.50	341 583.05	34 158.30	551 373.61
301.30	362 603.21	0.10	3.60	355 830.00	35 583.00	586 956.62
301.40	379 521.63	0.10	3.70	371 062.42	37 106.24	624 062.86
301.50	395 450.85	0.10	3.80	387 486.24	38 748.62	662 811.48
301.60	410 147.81	0.10	3.90	402 799.33	40 279.93	703 091.41
301.70	427 719.12	0.10	4.00	418 933.47	41 893.35	744 984.76
301.80	433 887.88	0.10	4.10	430 803.50	43 080.35	788 065.11
301.90	467 021.72	0.10	4.20	450 454.80	45 045.48	833 110.59

Cotes (m)	Surfaces (m2)	Dénivelée (m)	Hauteur (m)	Surface moyenne (m2)	Volume élémentaire (m3)	Volume cumulé (m3)
302.00	474 476.90	0.10	4.30	470 749.31	47 074.93	880 185.52
302.10	487 534.30	0.10	4.40	481 005.60	48 100.56	928 286.08
302.20	503 056.66	0.10	4.50	495 295.48	49 529.55	977 815.63
302.30	517 635.62	0.10	4.60	510 346.14	51 034.61	1 028 850.24

Figure 38 : courbes hauteur-Volume et Hauteur surface du barrage de EKOULKOALA



6.6.2.4 Courbes hauteur-volume-surface du barrage de GASKAYE

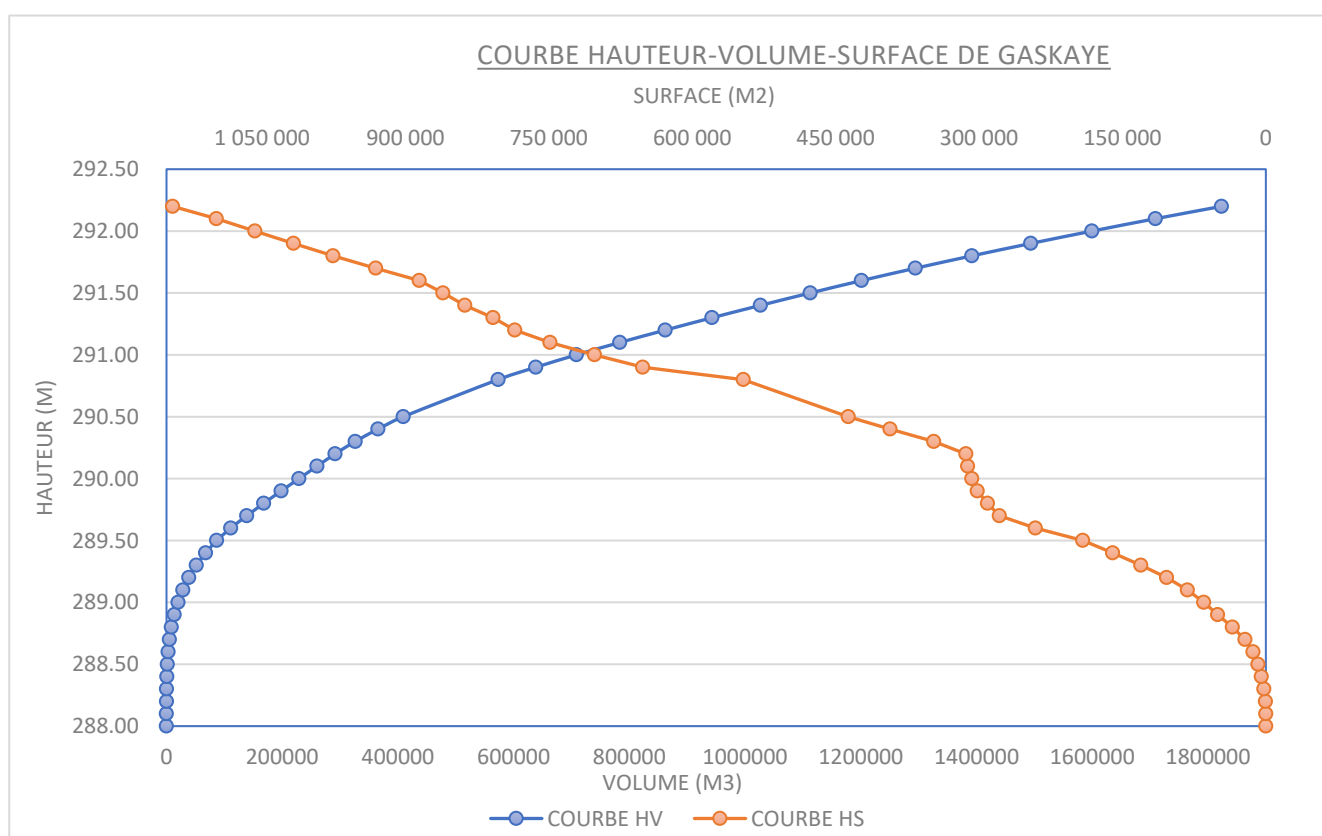
Tableau 13 : Tableau d'étalonnage des courbes Hauteur-Volume-Surface du barrage de GASKAYE

Cotes (m)	Surfaces (m2)	Dénivelée (m)	Hauteur (m)	Surface moyenne (m2)	Volume élémentaire (m3)	Volume cumulé (m3)
288.00	4.00	-	-	-	-	-
288.10	62.00	0.10	0.10	33.00	3.30	3.30
288.20	679.00	0.10	0.20	370.50	37.05	40.35

Cotes (m)	Surfaces (m2)	Dénivelée (m)	Hauteur (m)	Surface moyenne (m2)	Volume élémentaire (m3)	Volume cumulé (m3)
288.30	3 152.00	0.10	0.30	1 915.50	191.55	231.90
288.40	6 223.00	0.10	0.40	4 687.50	468.75	700.65
288.50	10 076.00	0.10	0.50	8 149.50	814.95	1 515.60
288.60	16 489.00	0.10	0.60	13 282.50	1 328.25	2 843.85
288.70	27 118.00	0.10	0.70	21 803.50	2 180.35	5 024.20
288.80	42 935.00	0.10	0.80	35 026.50	3 502.65	8 526.85
288.90	57 770.00	0.10	0.90	50 352.50	5 035.25	13 562.10
289.00	72 131.00	0.10	1.00	64 950.50	6 495.05	20 057.15
289.10	91 864.00	0.10	1.10	81 997.50	8 199.75	28 256.90
289.20	115 595.00	0.10	1.20	103 729.50	10 372.95	38 629.85
289.30	145 873.00	0.10	1.30	130 734.00	13 073.40	51 703.25
289.40	174 554.00	0.10	1.40	160 213.50	16 021.35	67 724.60
289.50	208 312.00	0.10	1.50	191 433.00	19 143.30	86 867.90
289.60	273 811.00	0.10	1.60	241 061.50	24 106.15	110 974.05
289.70	283 736.00	0.10	1.70	278 773.50	27 877.35	138 851.40
289.80	298 431.00	0.10	1.80	291 083.50	29 108.35	167 959.75
289.90	305 233.00	0.10	1.90	301 832.00	30 183.20	198 142.95
290.00	309 866.00	0.10	2.00	307 549.50	30 754.95	228 897.90
290.10	313 736.00	0.10	2.10	311 801.00	31 180.10	260 078.00
290.20	313 736.00	0.10	2.20	313 736.00	31 373.60	291 451.60
290.30	380 996.78	0.10	2.30	347 366.39	34 736.64	326 188.24
290.40	405 088.34	0.10	2.40	393 042.56	39 304.26	365 492.49
290.50	468 271.65	0.10	2.50	436 680.00	43 668.00	409 160.49
290.80	624 968.29	0.30	2.80	546 619.97	163 985.99	573 146.49
290.90	678 623.54	0.10	2.90	651 795.91	65 179.59	638 326.08
291.00	725 926.55	0.10	3.00	702 275.04	70 227.50	708 553.58
291.10	771 530.01	0.10	3.10	748 728.28	74 872.83	783 426.41
291.20	799 755.15	0.10	3.20	785 642.58	78 564.26	861 990.67
291.30	816 893.89	0.10	3.30	808 324.52	80 832.45	942 823.12
291.40	858 656.48	0.10	3.40	837 775.19	83 777.52	1 026 600.64
291.50	862 871.54	0.10	3.50	860 764.01	86 076.40	1 112 677.04
291.60	908 212.24	0.10	3.60	885 541.89	88 554.19	1 201 231.23
291.70	954 029.66	0.10	3.70	931 120.95	93 112.10	1 294 343.32

Cotes (m)	Surfaces (m2)	Dénivelée (m)	Hauteur (m)	Surface moyenne (m2)	Volume élémentaire (m3)	Volume cumulé (m3)
291.80	997 510.04	0.10	3.80	975 769.85	97 576.99	1 391 920.31
291.90	1 036 736.75	0.10	3.90	1 017 123.40	101 712.34	1 493 632.65
292.00	1 078 229.17	0.10	4.00	1 057 482.96	105 748.30	1 599 380.94
292.10	1 117 409.85	0.10	4.10	1 097 819.51	109 781.95	1 709 162.90
292.20	1 169 772.99	0.10	4.20	1 143 591.42	114 359.14	1 823 522.04

Figure 39 : courbes hauteur-Volume et Hauteur surface du barrage de GASKAYE



6.6.2.5 Courbes hauteur-volume-surface du barrage de KALZI

Tableau 14 : Tableau d'étalonnage des courbes Hauteur-Volume-Surface du barrage de KALZI

Cotes (m)	Surfaces (m2)	Dénivelée (m)	Hauteur (m)	Surface moyenne (m2)	Volume élémentaire (m3)	Volume cumulé (m3)
304.25	179.50	-	-	-	-	-
304.50	3 249.00	0.25	0.25	1 714.25	428.56	428.56

Cotes (m)	Surfaces (m2)	Dénivelée (m)	Hauteur (m)	Surface moyenne (m2)	Volume élémentaire (m3)	Volume cumulé (m3)
304.75	12 769.50	0.25	0.50	8 009.25	2 002.31	2 430.88
305.00	25 816.00	0.25	0.75	19 292.75	4 823.19	7 254.06
305.25	26 452.50	0.25	1.00	26 134.25	6 533.56	13 787.62
305.50	62 457.00	0.25	1.25	44 454.75	11 113.69	24 901.31
305.75	93 261.50	0.25	1.50	77 859.25	19 464.81	44 366.12
306.00	131 493.00	0.25	1.75	112 377.25	28 094.31	72 460.44
306.25	188 826.50	0.25	2.00	160 159.75	40 039.94	112 500.37
306.50	247 750.00	0.25	2.25	218 288.25	54 572.06	167 072.44
306.75	310 219.50	0.25	2.50	278 984.75	69 746.19	236 818.62
307.00	315 039.00	0.25	2.75	312 629.25	78 157.31	314 975.94
307.25	315 039.00	0.25	3.00	315 039.00	78 759.75	393 735.69
307.50	335 039.00	0.25	3.25	325 039.00	81 259.75	474 995.44
307.75	367 316.36	0.25	3.50	351 177.68	87 794.42	562 789.86
308.00	417 981.20	0.25	3.75	392 648.78	98 162.19	660 952.05
308.25	462 404.33	0.25	4.00	440 192.76	110 048.19	771 000.24
308.50	517 813.73	0.25	4.25	490 109.03	122 527.26	893 527.50
308.75	587 851.66	0.25	4.50	552 832.69	138 208.17	1 031 735.67

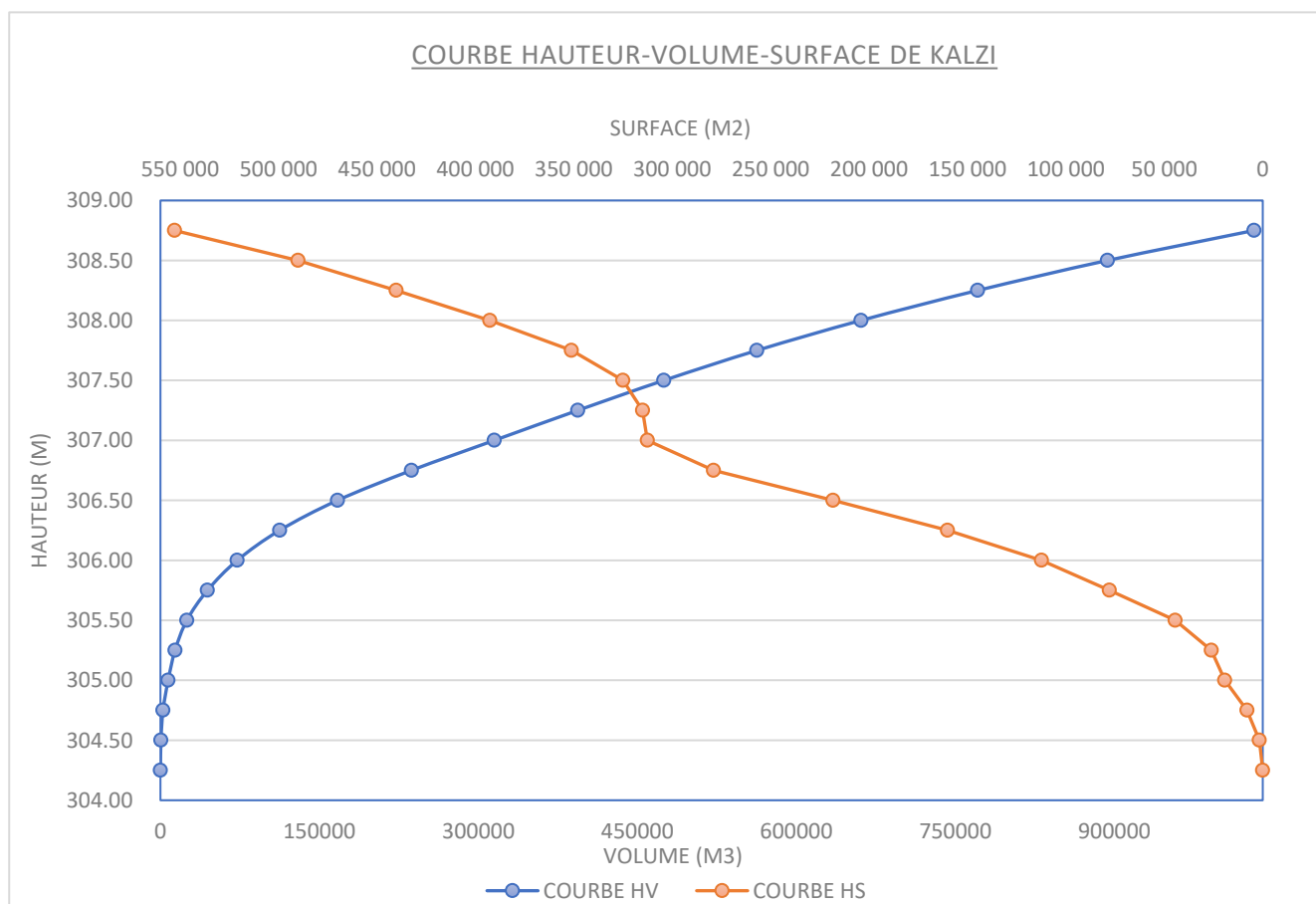


Figure 40 : courbes hauteur-Volume et Hauteur surface du barrage de KALZI

6.6.2.6 Courbes Hauteur-Volume-Surface du barrage de KAONGO

Tableau 15 : Tableau d'étalonnage des courbes Hauteur-Volume-Surface du barrage de KAONGO

Cotes (m)	Surfaces (m2)	Dénivelée (m)	Hauteur (m)	Surface moyenne (m2)	Volume élémentaire (m3)	Volume cumulé (m3)
283.10	2.00	-	-	-	-	-
283.20	20.00	0.10	0.10	11.00	1.10	1.10
283.30	72.00	0.10	0.20	46.00	4.60	5.70
283.40	296.00	0.10	0.30	184.00	18.40	24.10
283.50	1 423.00	0.10	0.40	859.50	85.95	110.05
283.60	3 636.00	0.10	0.50	2 529.50	252.95	363.00
283.70	8 121.00	0.10	0.60	5 878.50	587.85	950.85
283.80	14 382.00	0.10	0.70	11 251.50	1 125.15	2 076.00
283.90	25 978.00	0.10	0.80	20 180.00	2 018.00	4 094.00

Cotes (m)	Surfaces (m2)	Dénivelée (m)	Hauteur (m)	Surface moyenne (m2)	Volume élémentaire (m3)	Volume cumulé (m3)
284.00	51 879.00	0.10	0.90	38 928.50	3 892.85	7 986.85
284.10	81 321.00	0.10	1.00	66 600.00	6 660.00	14 646.85
284.20	110 183.00	0.10	1.10	95 752.00	9 575.20	24 222.05
284.30	139 772.00	0.10	1.20	124 977.50	12 497.75	36 719.80
284.40	172 348.00	0.10	1.30	156 060.00	15 606.00	52 325.80
284.50	206 757.00	0.10	1.40	189 552.50	18 955.25	71 281.05
284.60	239 910.00	0.10	1.50	223 333.50	22 333.35	93 614.40
284.70	272 475.00	0.10	1.60	256 192.50	25 619.25	119 233.65
284.80	301 630.00	0.10	1.70	287 052.50	28 705.25	147 938.90
284.90	335 909.00	0.10	1.80	318 769.50	31 876.95	179 815.85
285.00	393 536.00	0.10	1.90	364 722.50	36 472.25	216 288.10
285.10	473 105.00	0.10	2.00	433 320.50	43 332.05	259 620.15
285.20	560 318.00	0.10	2.10	516 711.50	51 671.15	311 291.30
285.30	627 548.00	0.10	2.20	593 933.00	59 393.30	370 684.60
285.40	678 796.00	0.10	2.30	653 172.00	65 317.20	436 001.80
285.50	732 849.00	0.10	2.40	705 822.50	70 582.25	506 584.05
285.80	776 397.32	0.30	2.70	754 623.16	226 386.95	732 971.00
285.90	776 668.97	0.10	2.80	776 533.14	77 653.31	810 624.31
286.00	776 940.63	0.10	2.90	776 804.80	77 680.48	888 304.79
286.10	777 212.29	0.10	3.00	777 076.46	77 707.65	966 012.44
286.20	816 590.20	0.10	3.10	796 901.24	79 690.12	1 045 702.56
286.40	955 097.72	0.20	3.30	885 843.96	177 168.79	1 222 871.35
286.50	1 004 812.70	0.10	3.40	979 955.21	97 995.52	1 320 866.87
286.60	1 073 594.54	0.10	3.50	1 039 203.62	103 920.36	1 424 787.24
286.70	1 150 131.86	0.10	3.60	1 111 863.20	111 186.32	1 535 973.56
286.80	1 446 375.97	0.10	3.70	1 298 253.92	129 825.39	1 665 798.95

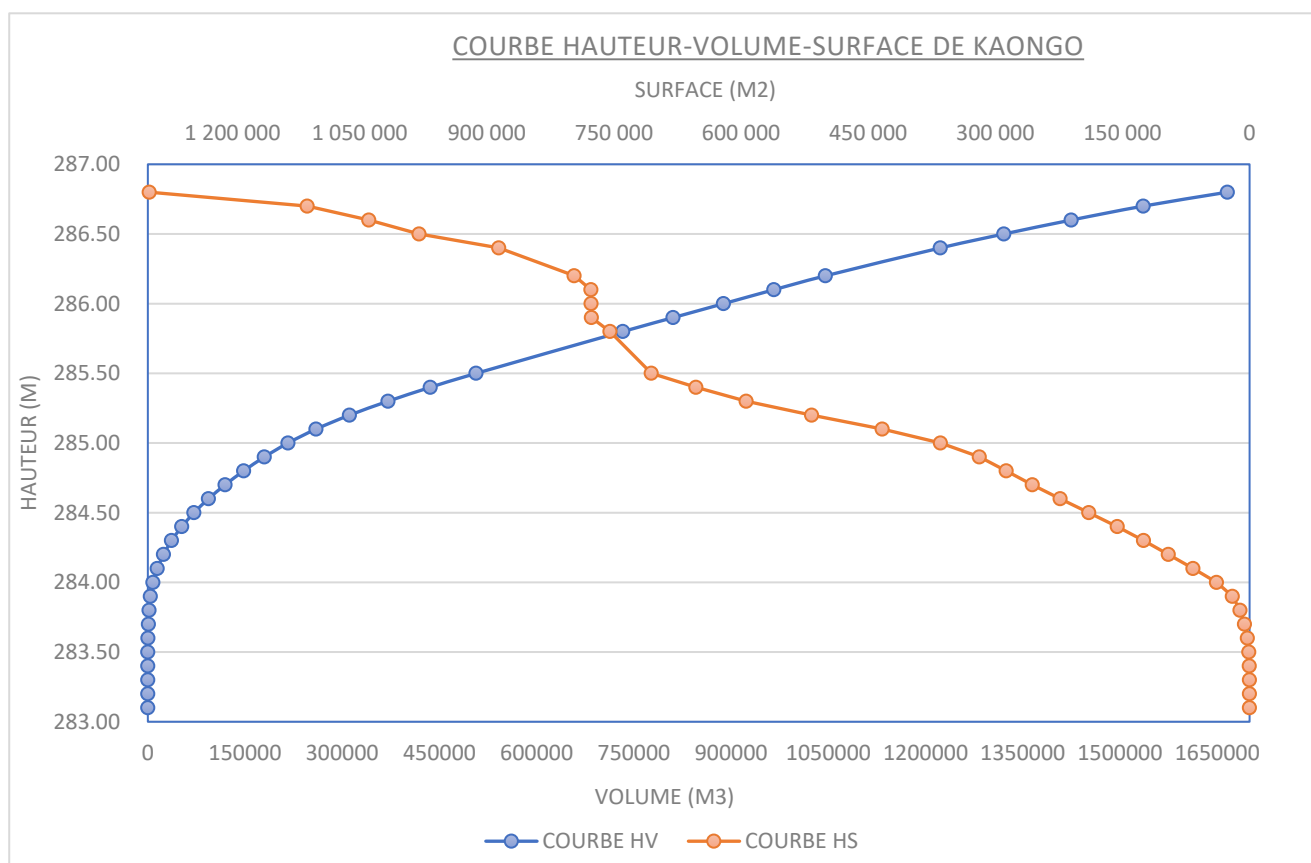


Figure 41 : courbes hauteur-Volume et Hauteur surface du barrage de KAONGO

6.6.2.7 Courbes Hauteur-Volume-Volume-Surface du barrage de LOU

Tableau 16 : Tableau d'étalonnage des courbes Hauteur-Volume-Surface du barrage de LOU

Cotes (m)	Surfaces (m2)	Dénivelée (m)	Hauteur (m)	Surface moyenne (m2)	Volume élémentaire (m3)	Volume cumulé (m3)
306.00	1 573.00	-	-	-	-	-
306.10	5 374.00	0.10	0.10	3 473.50	347.35	347.35
306.20	9 297.00	0.10	0.20	7 335.50	733.55	1 080.90
306.30	15 930.00	0.10	0.30	12 613.50	1 261.35	2 342.25
306.40	25 642.00	0.10	0.40	20 786.00	2 078.60	4 420.85
306.50	37 294.00	0.10	0.50	31 468.00	3 146.80	7 567.65
306.60	62 974.00	0.10	0.60	50 134.00	5 013.40	12 581.05
306.70	108 174.00	0.10	0.70	85 574.00	8 557.40	21 138.45
306.80	126 135.00	0.10	0.80	117 154.50	11 715.45	32 853.90
306.90	135 250.00	0.10	0.90	130 692.50	13 069.25	45 923.15
307.00	137 768.00	0.10	1.00	136 509.00	13 650.90	59 574.05
307.10	138 837.00	0.10	1.10	138 302.50	13 830.25	73 404.30

Cotes (m)	Surfaces (m2)	Dénivelée (m)	Hauteur (m)	Surface moyenne (m2)	Volume élémentaire (m3)	Volume cumulé (m3)
307.20	138 902.00	0.10	1.20	138 869.50	13 886.95	87 291.25
307.30	138 902.00	0.10	1.30	138 902.00	13 890.20	101 181.45
307.40	138 902.00	0.10	1.40	138 902.00	13 890.20	115 071.65
307.50	138 902.00	0.10	1.50	138 902.00	13 890.20	128 961.85
307.60	138 902.00	0.10	1.60	138 902.00	13 890.20	142 852.05
307.70	138 902.00	0.10	1.70	138 902.00	13 890.20	156 742.25
307.80	138 902.00	0.10	1.80	138 902.00	13 890.20	170 632.45
307.90	138 902.00	0.10	1.90	138 902.00	13 890.20	184 522.65
308.00	138 902.00	0.10	2.00	138 902.00	13 890.20	198 412.85
308.10	135 376.44	0.10	2.10	137 139.22	13 713.92	212 126.77
308.20	161 759.71	0.10	2.20	148 568.07	14 856.81	226 983.58
308.30	188 161.50	0.10	2.30	174 960.61	17 496.06	244 479.64
308.40	224 390.58	0.10	2.40	206 276.04	20 627.60	265 107.24
308.50	260 556.33	0.10	2.50	242 473.46	24 247.35	289 354.59
308.70	343 882.15	0.20	2.70	302 219.24	60 443.85	349 798.44
308.80	390 675.75	0.10	2.80	367 278.95	36 727.89	386 526.33
308.90	470 653.72	0.10	2.90	430 664.74	43 066.47	429 592.81
309.00	873 256.64	0.10	3.00	671 955.18	67 195.52	496 788.32
309.10	1 123 491.74	0.10	3.10	998 374.19	99 837.42	596 625.74
309.20	1 174 122.89	0.10	3.20	1 148 807.32	114 880.73	711 506.48
309.30	1 217 765.68	0.10	3.30	1 195 944.28	119 594.43	831 100.90
309.40	1 236 631.36	0.10	3.40	1 227 198.52	122 719.85	953 820.76
309.50	1 289 209.15	0.10	3.50	1 262 920.26	126 292.03	1 080 112.78
309.60	1 321 330.38	0.10	3.60	1 305 269.76	130 526.98	1 210 639.76
309.70	1 339 268.61	0.10	3.70	1 330 299.49	133 029.95	1 343 669.71

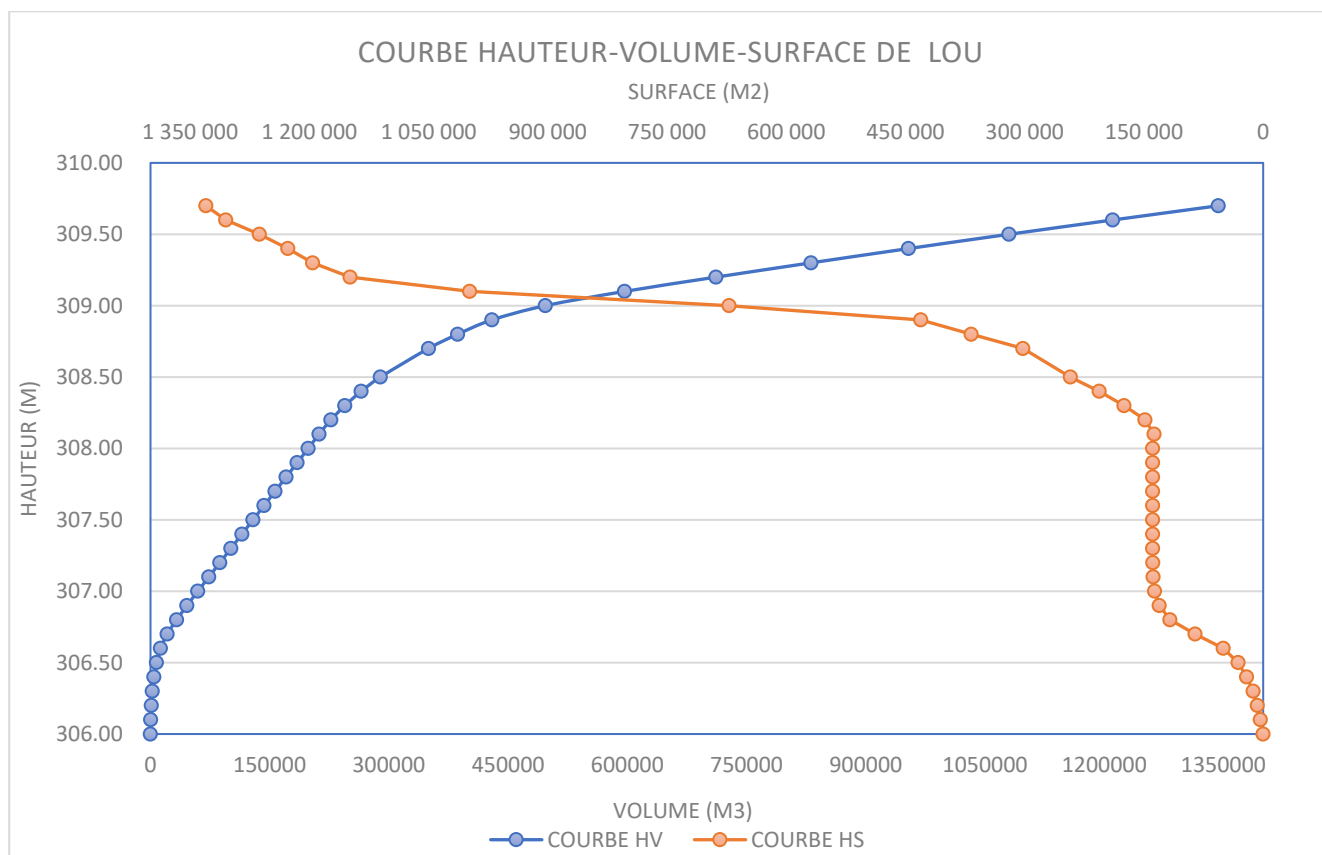


Figure 42 : courbes hauteur-Volume et Hauteur surface du barrage de LOU

6.6.2.8 Courbes Hauteur Volume Surface du barrage NABAZANGA

Tableau 17 : Tableau d'étalonnage des courbes Hauteur-Volume-Surface du barrage de NABAZANGA

Cotes (m)	Surfaces (m2)	Dénivelée (m)	Hauteur (m)	Surface moyenne (m2)	Volume élémentaire (m3)	Volume cumulé (m3)
271.25	17.00	-	-	-	-	-
271.35	85.00	0.10	0.10	51.00	5.10	5.10
271.45	269.00	0.10	0.20	177.00	17.70	22.80
271.55	518.00	0.10	0.30	393.50	39.35	62.15
271.65	935.00	0.10	0.40	726.50	72.65	134.80
271.75	1 747.00	0.10	0.50	1 341.00	134.10	268.90
271.85	3 840.00	0.10	0.60	2 793.50	279.35	548.25
271.95	9 024.00	0.10	0.70	6 432.00	643.20	1 191.45
272.05	18 900.00	0.10	0.80	13 962.00	1 396.20	2 587.65
272.15	36 377.00	0.10	0.90	27 638.50	2 763.85	5 351.50
272.25	62 329.00	0.10	1.00	49 353.00	4 935.30	10 286.80
272.35	93 145.00	0.10	1.10	77 737.00	7 773.70	18 060.50

Cotes (m)	Surfaces (m2)	Dénivelée (m)	Hauteur (m)	Surface moyenne (m2)	Volume élémentaire (m3)	Volume cumulé (m3)
272.45	122 925.00	0.10	1.20	108 035.00	10 803.50	28 864.00
272.55	150 347.00	0.10	1.30	136 636.00	13 663.60	42 527.60
272.65	181 219.00	0.10	1.40	165 783.00	16 578.30	59 105.90
272.75	221 149.00	0.10	1.50	201 184.00	20 118.40	79 224.30
272.85	271 753.00	0.10	1.60	246 451.00	24 645.10	103 869.40
272.95	353 808.00	0.10	1.70	312 780.50	31 278.05	135 147.45
273.05	485 205.00	0.10	1.80	419 506.50	41 950.65	177 098.10
273.15	593 676.00	0.10	1.90	539 440.50	53 944.05	231 042.15
273.25	724 868.00	0.10	2.00	659 272.00	65 927.20	296 969.35
273.35	826 016.00	0.10	2.10	775 442.00	77 544.20	374 513.55
273.45	930 856.00	0.10	2.20	878 436.00	87 843.60	462 357.15
273.55	994 102.00	0.10	2.30	962 479.00	96 247.90	558 605.05
273.65	997 969.00	0.10	2.40	996 035.50	99 603.55	658 208.60
273.75	998 514.00	0.10	2.50	998 241.50	99 824.15	758 032.75
273.85	998 540.00	0.10	2.60	998 527.00	99 852.70	857 885.45
273.95	998 540.00	0.10	2.70	998 540.00	99 854.00	957 739.45
274.05	998 540.00	0.10	2.80	998 540.00	99 854.00	1 057 593.45
274.15	998 540.00	0.10	2.90	998 540.00	99 854.00	1 157 447.45
274.25	998 540.00	0.10	3.00	998 540.00	99 854.00	1 257 301.45
274.50	1 136 753.99	0.25	3.25	1 067 646.99	266 911.75	1 524 213.20
274.75	1 304 280.25	0.25	3.50	1 220 517.12	305 129.28	1 829 342.48
275.00	1 559 928.89	0.25	3.75	1 432 104.57	358 026.14	2 187 368.62
275.25	1 755 183.32	0.25	4.00	1 657 556.10	414 389.03	2 601 757.65
275.50	1 990 505.10	0.25	4.25	1 872 844.21	468 211.05	3 069 968.70
275.75	2 105 439.41	0.25	4.50	2 047 972.25	511 993.06	3 581 961.76
276.00	2 345 486.52	0.25	4.75	2 225 462.97	556 365.74	4 138 327.50
276.25	2 508 581.97	0.25	5.00	2 427 034.24	606 758.56	4 745 086.07
276.50	2 768 451.82	0.25	5.25	2 638 516.89	659 629.22	5 404 715.29

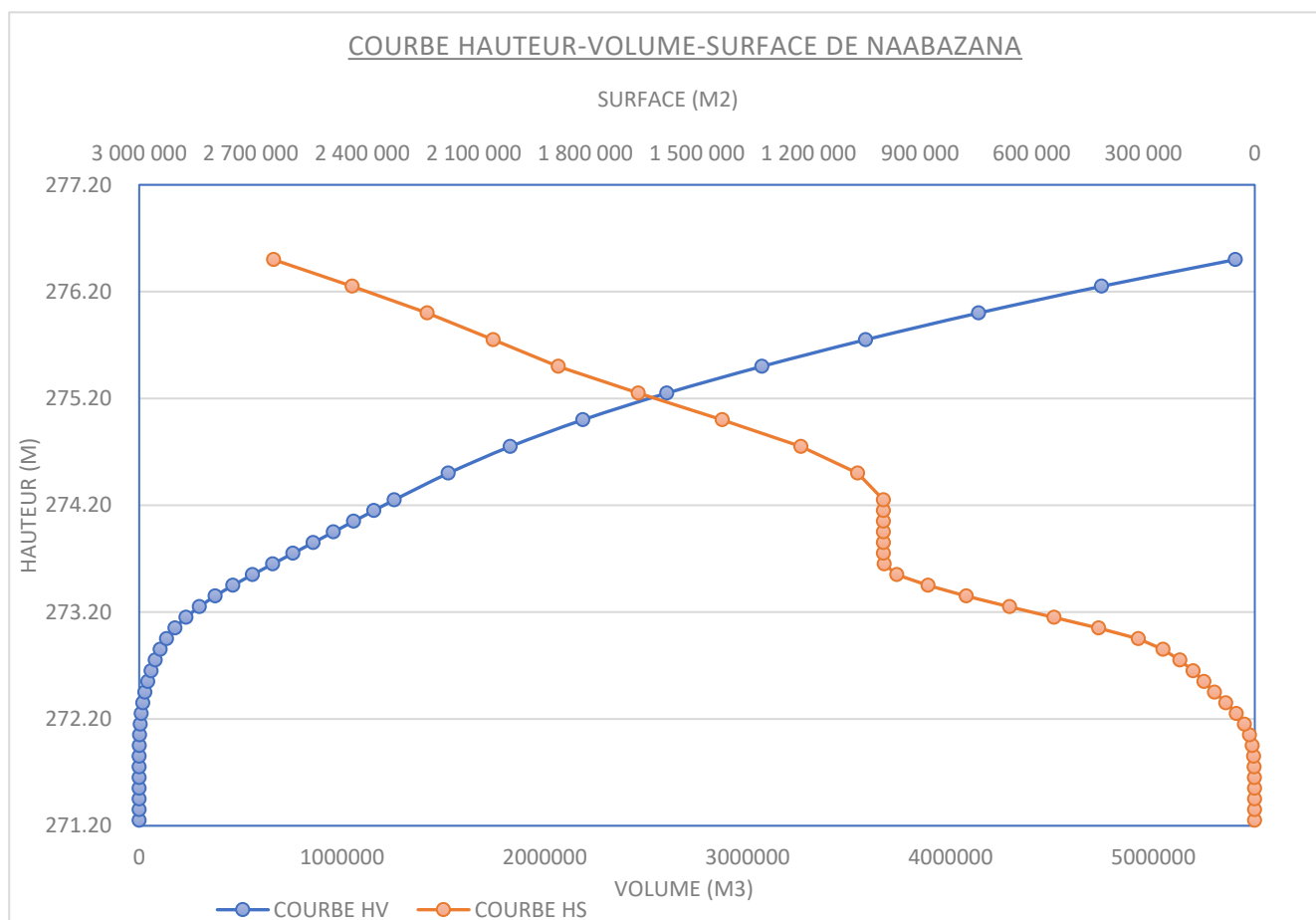


Figure 43 : courbes hauteur-Volume et Hauteur surface du barrage de NABAZANA

6.6.2.9 Courbes Hauteur-Volume-Surface du barrage de NAGBANGRE

Tableau 18 : Tableau d'étalonnage des courbes Hauteur-Volume-Surface du barrage de NAGBANGRE

Cotes (m)	Surfaces (m2)	Dénivelée (m)	Hauteur (m)	Surface moyenne (m2)	Volume élémentaire (m3)	Volume cumulé (m3)
271.75	2.00	-	-	-	-	-
272.00	1 250.00	0.25	0.25	626.00	156.50	156.50
272.25	5 040.00	0.25	0.50	3 145.00	786.25	942.75
272.50	69 276.00	0.25	0.75	37 158.00	9 289.50	10 232.25
272.75	164 346.00	0.25	1.00	116 811.00	29 202.75	39 435.00
273.00	247 754.00	0.25	1.25	206 050.00	51 512.50	90 947.50
273.25	260 293.00	0.25	1.50	254 023.50	63 505.88	154 453.38
273.50	260 293.00	0.25	1.75	260 293.00	65 073.25	219 526.63
273.75	353 114.84	0.25	2.00	306 703.92	76 675.98	296 202.61
274.00	492 313.36	0.25	2.25	422 714.10	105 678.53	401 881.13
274.25	645 570.07	0.25	2.50	568 941.71	142 235.43	544 116.56

Cotes (m)	Surfaces (m2)	Dénivelée (m)	Hauteur (m)	Surface moyenne (m2)	Volume élémentaire (m3)	Volume cumulé (m3)
274.50	766 663.24	0.25	2.75	706 116.66	176 529.16	720 645.72
274.75	909 489.71	0.25	3.00	838 076.47	209 519.12	930 164.84
275.00	1 045 942.98	0.25	3.25	977 716.34	244 429.09	1 174 593.93
275.25	1 140 684.58	0.25	3.50	1 093 313.78	273 328.44	1 447 922.37
275.50	1 227 002.88	0.25	3.75	1 183 843.73	295 960.93	1 743 883.31
275.75	1 396 168.86	0.25	4.00	1 311 585.87	327 896.47	2 071 779.77

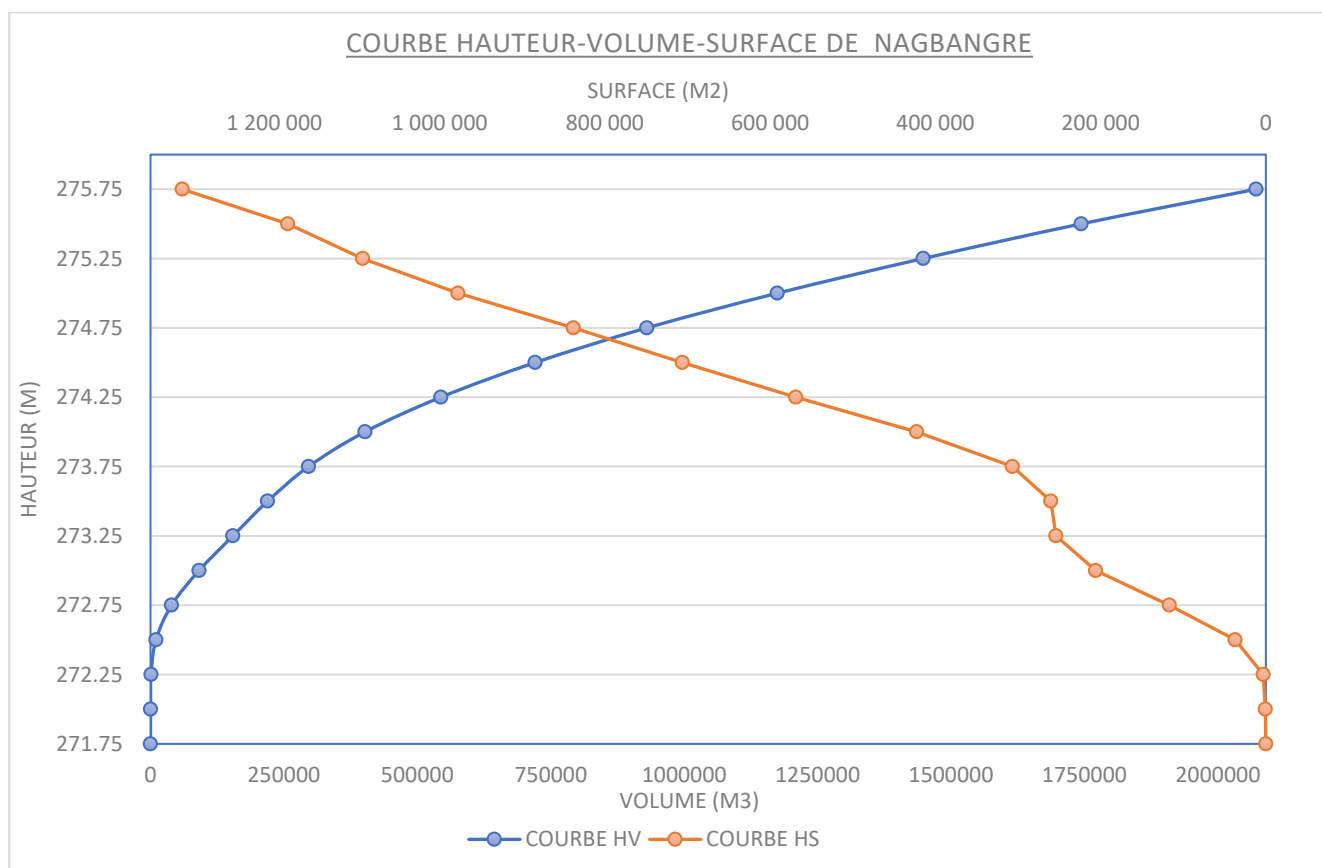


Figure 44 : courbes hauteur-Volume et Hauteur surface du barrage de NAGBANGRE

6.6.2.10 Courbes Hauteur-Volume-Surface du barrage de OUAGA 3

Tableau 19 : Tableau d'étalonnage des courbes Hauteur-Volume-Surface du barrage de OUAGA 3

Cotes (m)	Surfaces (m2)	Dénivelée (m)	Hauteur (m)	Surface moyenne (m2)	Volume élémentaire (m3)	Volume cumulé (m3)
283.70	14.00	-	-	-	-	-
283.90	507.00	0.20	0.20	260.50	52.10	52.10
284.10	9 517.00	0.20	0.40	5 012.00	1 002.40	1 054.50

Cotes (m)	Surfaces (m2)	Dénivelée (m)	Hauteur (m)	Surface moyenne (m2)	Volume élémentaire (m3)	Volume cumulé (m3)
284.30	109 788.00	0.20	0.60	59 652.50	11 930.50	12 985.00
284.50	272 982.00	0.20	0.80	191 385.00	38 277.00	51 262.00
284.70	447 403.00	0.20	1.00	360 192.50	72 038.50	123 300.50
284.90	530 143.00	0.20	1.20	488 773.00	97 754.60	221 055.10
285.10	578 564.00	0.20	1.40	554 353.50	110 870.70	331 925.80
285.30	620 413.00	0.20	1.60	599 488.50	119 897.70	451 823.50
285.50	659 124.00	0.20	1.80	639 768.50	127 953.70	579 777.20
285.70	701 473.00	0.20	2.00	680 298.50	136 059.70	715 836.90
285.90	730 957.00	0.20	2.20	716 215.00	143 243.00	859 079.90
286.10	742 956.00	0.20	2.40	736 956.50	147 391.30	1 006 471.20
286.30	744 000.00	0.20	2.60	743 478.00	148 695.60	1 155 166.80
286.50	744 000.00	0.20	2.80	744 000.00	148 800.00	1 303 966.80
286.70	744 000.00	0.20	3.00	744 000.00	148 800.00	1 452 766.80
286.90	744 000.00	0.20	3.20	744 000.00	148 800.00	1 601 566.80
287.10	768 325.92	0.20	3.40	756 162.96	151 232.59	1 752 799.39
287.30	789 731.44	0.20	3.60	779 028.68	155 805.74	1 908 605.13
287.50	794 467.33	0.20	3.80	792 099.39	158 419.88	2 067 025.01
287.70	803 636.38	0.20	4.00	799 051.86	159 810.37	2 226 835.38
287.90	815 170.32	0.20	4.20	809 403.35	161 880.67	2 388 716.05
288.10	821 523.69	0.20	4.40	818 347.01	163 669.40	2 552 385.45
288.30	827 018.12	0.20	4.60	824 270.91	164 854.18	2 717 239.63
288.50	831 703.44	0.20	4.80	829 360.78	165 872.16	2 883 111.79
288.70	835 890.01	0.20	5.00	833 796.72	166 759.34	3 049 871.13
288.90	839 949.68	0.20	5.20	837 919.84	167 583.97	3 217 455.10
289.10	844 107.75	0.20	5.40	842 028.71	168 405.74	3 385 860.84
289.30	848 356.29	0.20	5.60	846 232.02	169 246.40	3 555 107.25
289.50	852 730.64	0.20	5.80	850 543.47	170 108.69	3 725 215.94
289.70	857 237.18	0.20	6.00	854 983.91	170 996.78	3 896 212.72
289.90	861 875.40	0.20	6.20	859 556.29	171 911.26	4 068 123.98
290.10	866 900.47	0.20	6.40	864 387.94	172 877.59	4 241 001.57

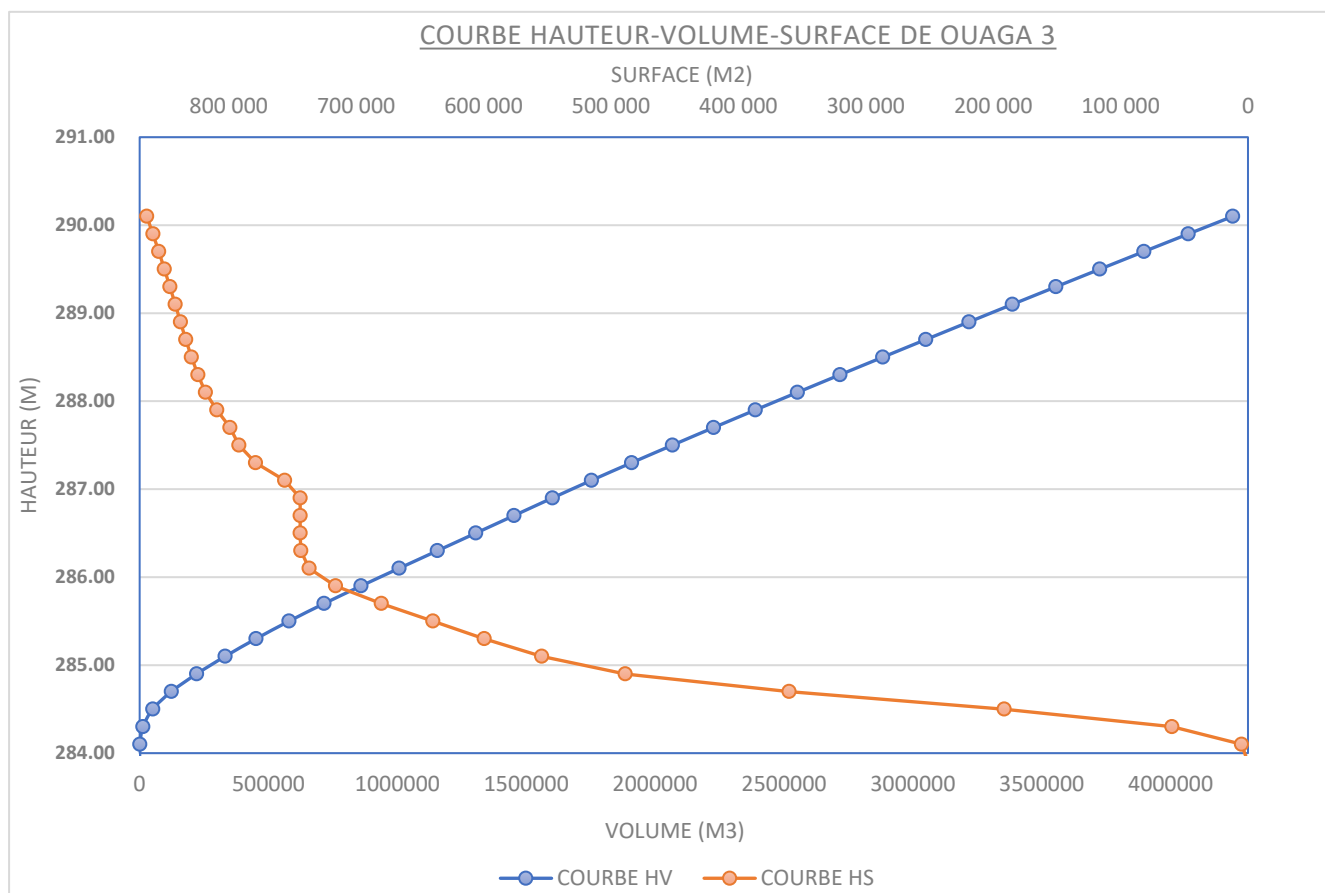


Figure 45 : courbes hauteur-Volume et Hauteur surface du barrage de OUAGA 3

6.6.2.11 Courbes Hauteur-Volume-Surface du barrage de OUAGA 2

Tableau 20 : Tableau d'étalonnage des courbes Hauteur-Volume-Surface du barrage de OUAGA 2

Cotes (m)	Surfaces (m2)	Dénivelée (m)	Hauteur (m)	Surface moyenne (m2)	Volume élémentaire (m3)	Volume cumulé (m3)
283.30	611.00	-	-	-	-	-
283.40	2 557.00	0.10	0.10	1 584.00	158.40	158.40
283.50	3 036.00	0.10	0.20	2 796.50	279.65	438.05
283.60	3 941.00	0.10	0.30	3 488.50	348.85	786.90
283.70	14 964.00	0.10	0.40	9 452.50	945.25	1 732.15
283.80	80 950.00	0.10	0.50	47 957.00	4 795.70	6 527.85
283.90	162 174.00	0.10	0.60	121 562.00	12 156.20	18 684.05
284.00	240 083.00	0.10	0.70	201 128.50	20 112.85	38 796.90
284.10	331 547.00	0.10	0.80	285 815.00	28 581.50	67 378.40
284.20	414 946.00	0.10	0.90	373 246.50	37 324.65	104 703.05
284.30	491 941.00	0.10	1.00	453 443.50	45 344.35	150 047.40
284.40	492 502.00	0.10	1.10	492 221.50	49 222.15	199 269.55

Cotes (m)	Surfaces (m2)	Dénivelée (m)	Hauteur (m)	Surface moyenne (m2)	Volume élémentaire (m3)	Volume cumulé (m3)
284.50	492 502.00	0.10	1.20	492 502.00	49 250.20	248 519.75
284.60	492 502.00	0.10	1.30	492 502.00	49 250.20	297 769.95
284.70	492 502.00	0.10	1.40	492 502.00	49 250.20	347 020.15
284.80	492 502.00	0.10	1.50	492 502.00	49 250.20	396 270.35
284.90	492 502.00	0.10	1.60	492 502.00	49 250.20	445 520.55
285.00	492 502.00	0.10	1.70	492 502.00	49 250.20	494 770.75
285.10	696 483.25	0.10	1.80	594 492.62	59 449.26	554 220.01
285.20	745 387.77	0.10	1.90	720 935.51	72 093.55	626 313.56
285.30	775 374.60	0.10	2.00	760 381.18	76 038.12	702 351.68
285.40	805 630.41	0.10	2.10	790 502.50	79 050.25	781 401.93
285.50	838 650.15	0.10	2.20	822 140.28	82 214.03	863 615.96

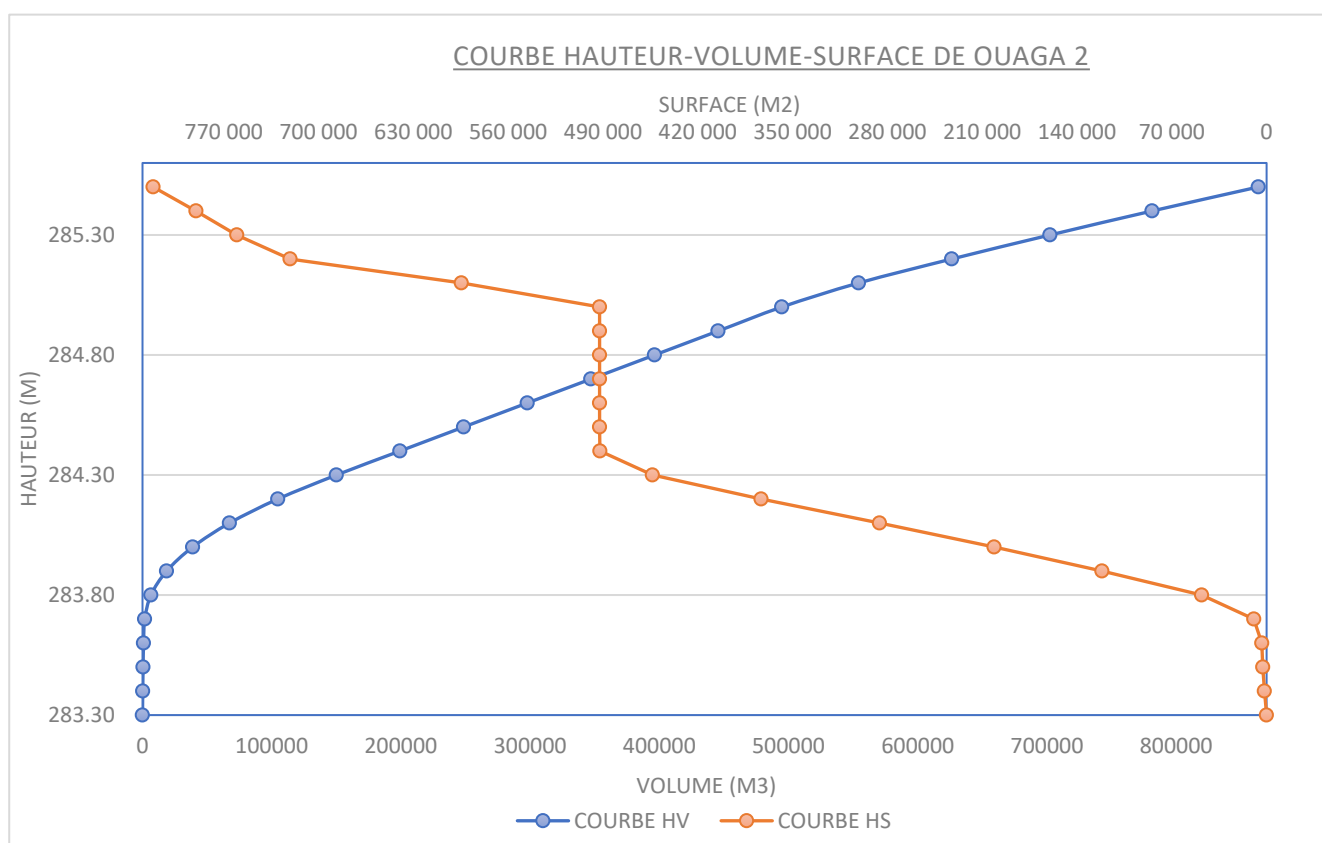


Figure 46 : courbes hauteur-Volume et Hauteur surface du barrage de OUAGA 2

6.6.2.12 Courbes Hauteur-Volume-Surface du barrage de PABRE

Tableau 21 : Tableau d'étalonnage des courbes Hauteur-Volume-Surface du barrage de PABRE

Cotes (m)	Surfaces (m2)	Dénivelée (m)	Hauteur (m)	Surface moyenne (m2)	Volume élémentaire (m3)	Volume cumulé (m3)
291.60	16.00	-	-	-	-	-
291.80	245.00	0.20	0.20	130.50	26.10	26.10
292.00	2 511.00	0.20	0.40	1 378.00	275.60	301.70
292.20	11 438.00	0.20	0.60	6 974.50	1 394.90	1 696.60
292.40	42 731.00	0.20	0.80	27 084.50	5 416.90	7 113.50
292.60	111 833.00	0.20	1.00	77 282.00	15 456.40	22 569.90
292.80	201 581.00	0.20	1.20	156 707.00	31 341.40	53 911.30
293.00	315 324.00	0.20	1.40	258 452.50	51 690.50	105 601.80
293.20	315 324.00	0.20	1.60	315 324.00	63 064.80	168 666.60
293.40	315 324.00	0.20	1.80	315 324.00	63 064.80	231 731.40
293.60	315 324.00	0.20	2.00	315 324.00	63 064.80	294 796.20
293.80	332 714.38	0.20	2.20	324 019.19	64 803.84	359 600.04
294.00	352 005.51	0.20	2.40	342 359.94	68 471.99	428 072.03
294.20	373 186.74	0.20	2.60	362 596.12	72 519.22	500 591.25
294.40	400 085.45	0.20	2.80	386 636.09	77 327.22	577 918.47
294.60	427 681.40	0.20	3.00	413 883.42	82 776.68	660 695.15
294.80	453 612.36	0.20	3.20	440 646.88	88 129.38	748 824.53
295.00	482 421.62	0.20	3.40	468 016.99	93 603.40	842 427.93
295.20	510 281.03	0.20	3.60	496 351.32	99 270.26	941 698.19
295.40	539 113.34	0.20	3.80	524 697.18	104 939.44	1 046 637.63
295.60	567 019.59	0.20	4.00	553 066.46	110 613.29	1 157 250.92

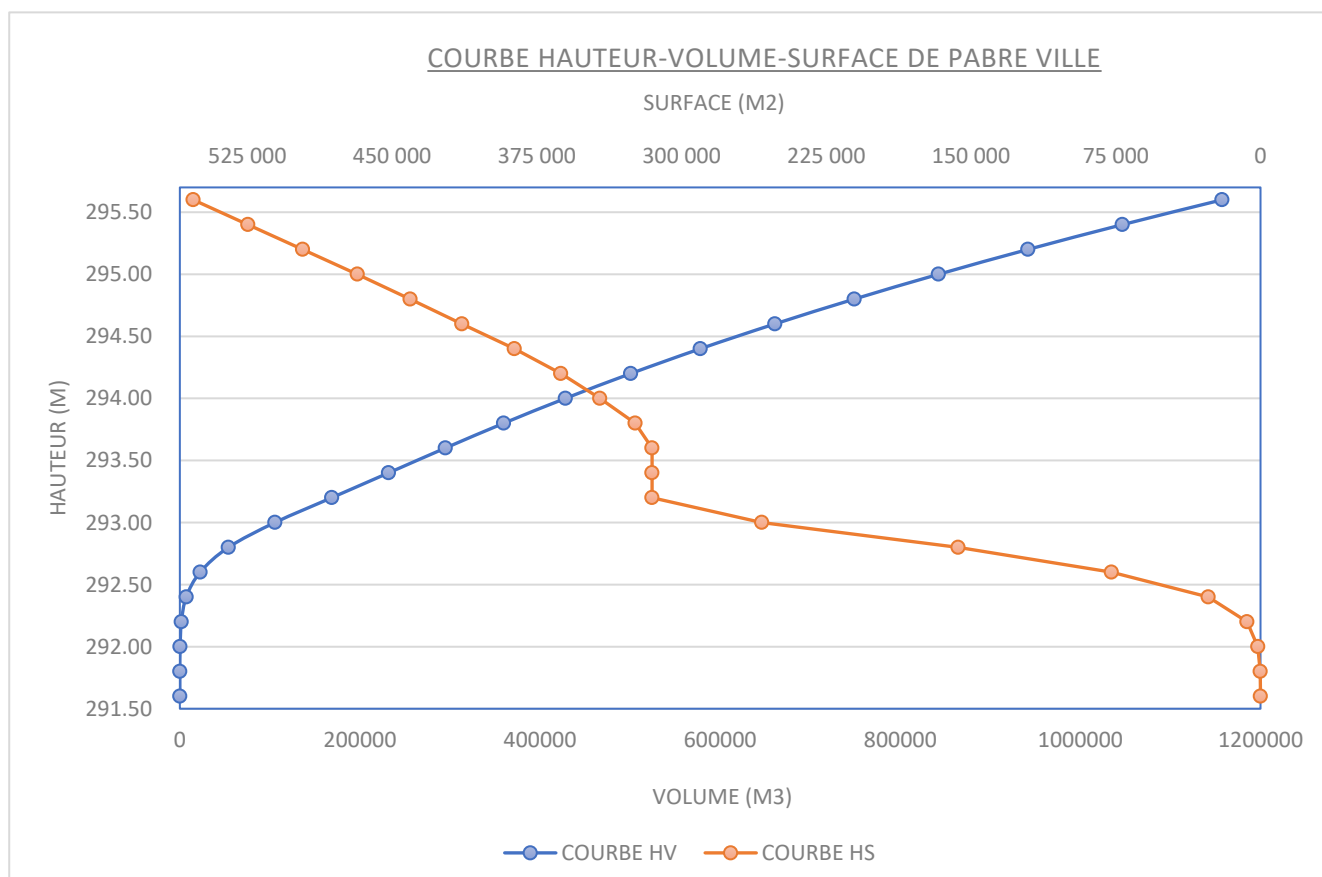


Figure 47 : courbes hauteur-Volume et Hauteur surface du barrage de PABRE

6.6.2.13 Courbes Hauteur-Volume-Surface du barrage de SALBISGO

Tableau 22 : Tableau d'étalonnage des courbes Hauteur-Volume-Surface du barrage de SALBISGO

Cotes (m)	Surfaces (m2)	Dénivelée (m)	Hauteur (m)	Surface moyenne (m2)	Volume élémentaire (m3)	Volume cumulé (m3)
275.90	18.00	-	-	-	-	-
276.00	401.00	0.10	0.10	209.50	20.95	20.95
276.10	1 981.00	0.10	0.20	1 191.00	119.10	140.05
276.20	5 558.00	0.10	0.30	3 769.50	376.95	517.00
276.30	10 897.00	0.10	0.40	8 227.50	822.75	1 339.75
276.40	20 952.00	0.10	0.50	15 924.50	1 592.45	2 932.20
276.50	35 146.00	0.10	0.60	28 049.00	2 804.90	5 737.10
276.60	57 326.00	0.10	0.70	46 236.00	4 623.60	10 360.70
276.70	169 658.00	0.10	0.80	113 492.00	11 349.20	21 709.90
276.80	282 039.00	0.10	0.90	225 848.50	22 584.85	44 294.75

Cotes (m)	Surfaces (m2)	Dénivelée (m)	Hauteur (m)	Surface moyenne (m2)	Volume élémentaire (m3)	Volume cumulé (m3)
276.90	446 677.00	0.10	1.00	364 358.00	36 435.80	80 730.55
277.00	562 804.00	0.10	1.10	504 740.50	50 474.05	131 204.60
277.10	653 952.00	0.10	1.20	608 378.00	60 837.80	192 042.40
277.20	756 597.00	0.10	1.30	705 274.50	70 527.45	262 569.85
277.30	844 433.00	0.10	1.40	800 515.00	80 051.50	342 621.35
277.40	844 433.00	0.10	1.50	844 433.00	84 443.30	427 064.65
277.50	844 433.00	0.10	1.60	844 433.00	84 443.30	511 507.95
277.60	844 433.00	0.10	1.70	844 433.00	84 443.30	595 951.25
277.70	844 433.00	0.10	1.80	844 433.00	84 443.30	680 394.55
277.80	844 433.00	0.10	1.90	844 433.00	84 443.30	764 837.85
277.90	844 433.00	0.10	2.00	844 433.00	84 443.30	849 281.15
278.00	844 433.00	0.10	2.10	844 433.00	84 443.30	933 724.45
278.10	934 335.10	0.10	2.20	889 384.05	88 938.40	1 022 662.85
278.20	1 024 237.20	0.10	2.30	979 286.15	97 928.61	1 120 591.47
278.30	1 058 889.51	0.10	2.40	1 041 563.35	104 156.34	1 224 747.81
278.40	1 089 811.16	0.10	2.50	1 074 350.34	107 435.03	1 332 182.84
278.50	1 139 739.31	0.10	2.60	1 114 775.23	111 477.52	1 443 660.36
278.60	1 215 850.45	0.10	2.70	1 177 794.88	117 779.49	1 561 439.85
278.70	1 293 363.76	0.10	2.80	1 254 607.10	125 460.71	1 686 900.56
278.80	1 425 044.00	0.10	2.90	1 359 203.88	135 920.39	1 822 820.95
278.90	1 556 724.25	0.10	3.00	1 490 884.13	149 088.41	1 971 909.36
279.00	1 622 415.76	0.10	3.10	1 589 570.01	158 957.00	2 130 866.36
279.10	1 687 796.91	0.10	3.20	1 655 106.34	165 510.63	2 296 376.99
279.20	1 759 313.95	0.10	3.30	1 723 555.43	172 355.54	2 468 732.54
279.30	1 823 838.59	0.10	3.40	1 791 576.27	179 157.63	2 647 890.16

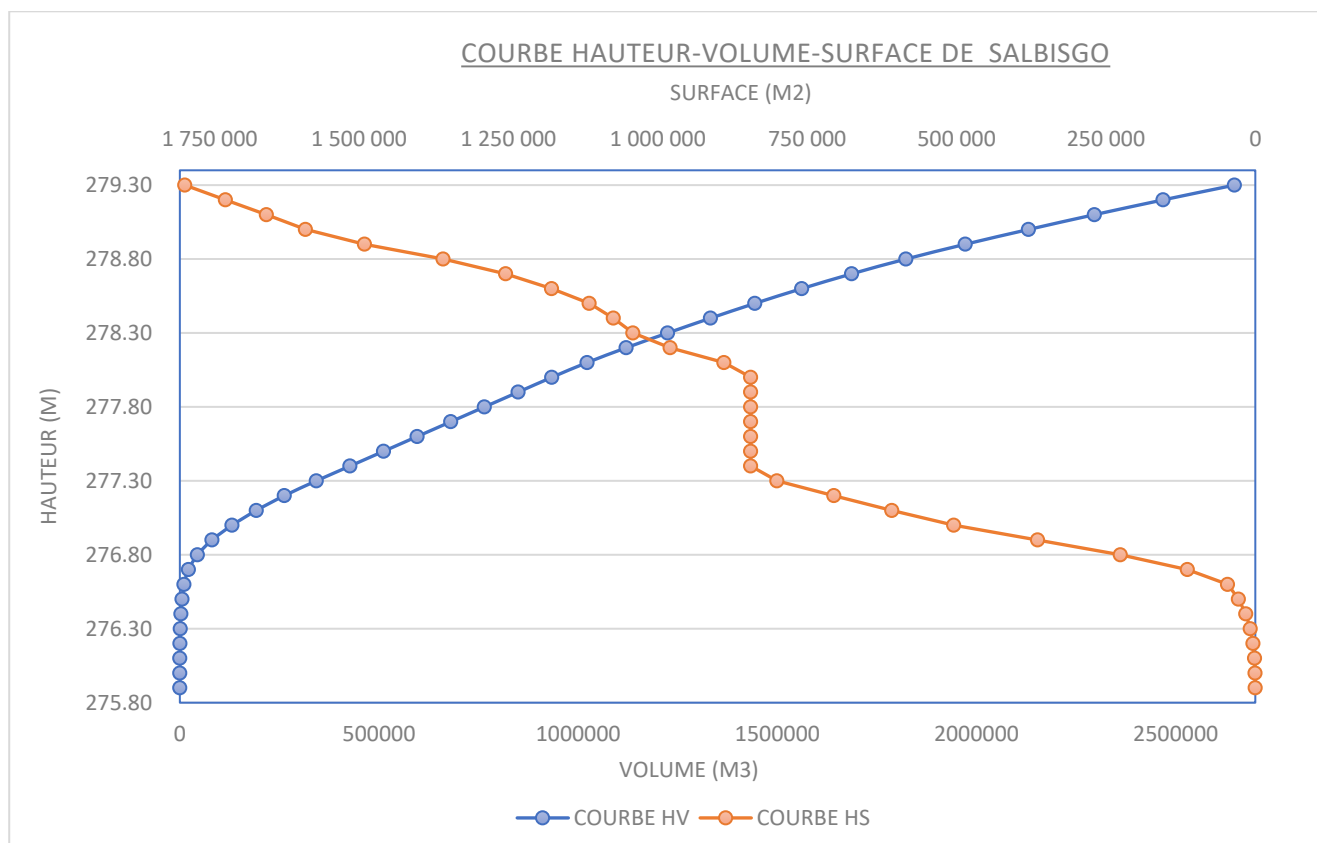


Figure 48 : courbes hauteur-Volume et Hauteur surface du barrage de SALBISGO

6.6.2.14 Courbes Hauteur-Volume-Surface du barrage de SAVILI

Tableau 23 : Tableau d'étalonnage des courbes Hauteur-Volume-Surface du barrage de SAVILI

Cotes (m)	Surfaces (m2)	Dénivelée (m)	Hauteur (m)	Surface moyenne (m2)	Volume élémentaire (m3)	Volume cumulé (m3)
304.90	60.00	-	-	-	-	-
305.00	282.00	0.10	0.10	171.00	17.10	17.10
305.10	703.00	0.10	0.20	492.50	49.25	66.35
305.30	2 522.00	0.20	0.40	1 612.50	322.50	388.85
305.50	6 905.00	0.20	0.60	4 713.50	942.70	1 331.55
305.70	25 956.00	0.20	0.80	16 430.50	3 286.10	4 617.65
305.90	64 632.00	0.20	1.00	45 294.00	9 058.80	13 676.45
306.10	118 190.00	0.20	1.20	91 411.00	18 282.20	31 958.65
306.30	178 451.00	0.20	1.40	148 320.50	29 664.10	61 622.75
306.50	303 415.00	0.20	1.60	240 933.00	48 186.60	109 809.35
306.70	453 366.00	0.20	1.80	378 390.50	75 678.10	185 487.45
306.90	514 214.00	0.20	2.00	483 790.00	96 758.00	282 245.45

Cotes (m)	Surfaces (m2)	Dénivelée (m)	Hauteur (m)	Surface moyenne (m2)	Volume élémentaire (m3)	Volume cumulé (m3)
307.10	535 271.00	0.20	2.20	524 742.50	104 948.50	387 193.95
307.30	535 271.00	0.20	2.40	535 271.00	107 054.20	494 248.15
307.50	535 271.00	0.20	2.60	535 271.00	107 054.20	601 302.35
307.70	535 271.00	0.20	2.80	535 271.00	107 054.20	708 356.55
308.00	567 494.91	0.30	3.10	551 382.95	165 414.89	873 771.44
308.20	616 350.23	0.20	3.30	591 922.57	118 384.51	992 155.95
308.40	738 542.58	0.20	3.50	677 446.40	135 489.28	1 127 645.23
308.60	845 846.15	0.20	3.70	792 194.36	158 438.87	1 286 084.10
308.80	949 660.36	0.20	3.90	897 753.25	179 550.65	1 465 634.75
309.00	1 085 448.75	0.20	4.10	1 017 554.55	203 510.91	1 669 145.66
309.20	1 315 878.33	0.20	4.30	1 200 663.54	240 132.71	1 909 278.37

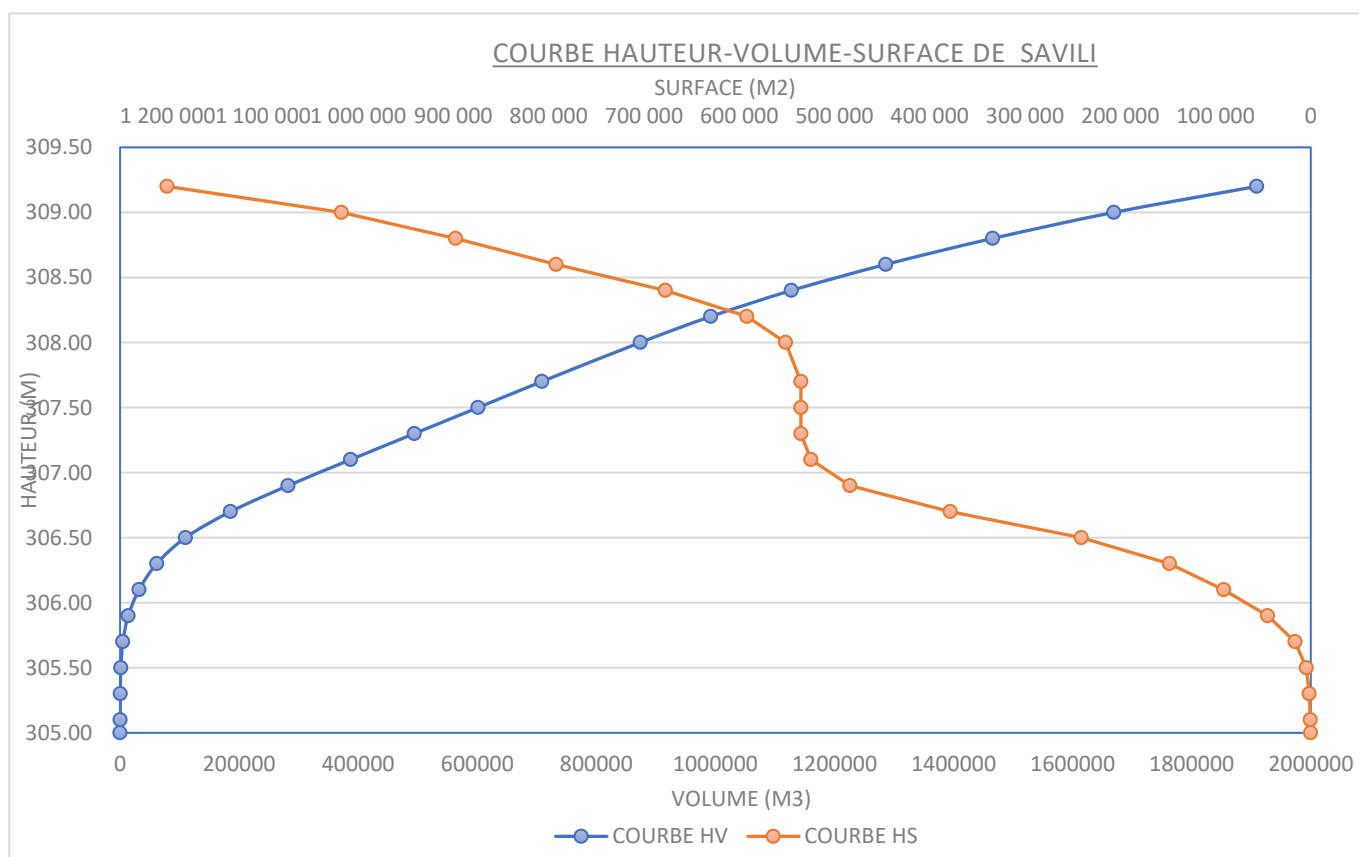


Figure 49 : courbes hauteur-Volume et Hauteur surface du barrage de SAVILI

6.6.2.15 Courbes Hauteur-Volume-Surface du barrage de SEBOUN

Tableau 24 : Tableau d'étalonnage des courbes Hauteur-Volume-Surface du barrage de SEBOUN

Cotes (m)	Surfaces (m2)	Dénivelée (m)	Hauteur (m)	Surface moyenne (m2)	Volume élémentaire (m3)	Volume cumulé (m3)
295.10	4.00	-	-	-	-	-
295.20	42.00	0.10	0.10	23.00	2.30	2.30
295.40	423.00	0.20	0.30	232.50	46.50	48.80
295.60	2 626.00	0.20	0.50	1 524.50	304.90	353.70
295.80	9 965.00	0.20	0.70	6 295.50	1 259.10	1 612.80
296.00	25 336.00	0.20	0.90	17 650.50	3 530.10	5 142.90
296.20	59 850.00	0.20	1.10	42 593.00	8 518.60	13 661.50
296.40	111 557.00	0.20	1.30	85 703.50	17 140.70	30 802.20
296.60	173 044.00	0.20	1.50	142 300.50	28 460.10	59 262.30
296.80	246 188.00	0.20	1.70	209 616.00	41 923.20	101 185.50
297.00	317 280.00	0.20	1.90	281 734.00	56 346.80	157 532.30
297.20	398 477.00	0.20	2.10	357 878.50	71 575.70	229 108.00
297.40	494 409.00	0.20	2.30	446 443.00	89 288.60	318 396.60
297.60	618 215.00	0.20	2.50	556 312.00	111 262.40	429 659.00
297.80	759 726.00	0.20	2.70	688 970.50	137 794.10	567 453.10
298.00	918 303.00	0.20	2.90	839 014.50	167 802.90	735 256.00
298.20	1 105 425.00	0.20	3.10	1 011 864.00	202 372.80	937 628.80
298.40	1 313 888.00	0.20	3.30	1 209 656.50	241 931.30	1 179 560.10
298.60	1 557 228.00	0.20	3.50	1 435 558.00	287 111.60	1 466 671.70
298.80	1 897 461.00	0.20	3.70	1 727 344.50	345 468.90	1 812 140.60
299.00	2 080 465.00	0.20	3.90	1 988 963.00	397 792.60	2 209 933.20
299.20	2 209 362.00	0.20	4.10	2 144 913.50	428 982.70	2 638 915.90
299.40	2 248 844.00	0.20	4.30	2 229 103.00	445 820.60	3 084 736.50
299.60	2 248 844.00	0.20	4.50	2 248 844.00	449 768.80	3 534 505.30
299.80	2 248 844.00	0.20	4.70	2 248 844.00	449 768.80	3 984 274.10
300.00	2 248 844.00	0.20	4.90	2 248 844.00	449 768.80	4 434 042.90
300.20	2 272 938.50	0.20	5.10	2 260 891.25	452 178.25	4 886 221.15
300.40	2 286 450.13	0.20	5.30	2 279 694.32	455 938.86	5 342 160.01
300.60	2 586 162.13	0.20	5.50	2 436 306.13	487 261.23	5 829 421.24
300.80	3 041 782.13	0.20	5.70	2 813 972.13	562 794.43	6 392 215.66
301.00	3 095 942.13	0.20	5.90	3 068 862.13	613 772.43	7 005 988.09

Cotes (m)	Surfaces (m2)	Dénivelée (m)	Hauteur (m)	Surface moyenne (m2)	Volume élémentaire (m3)	Volume cumulé (m3)
301.20	3 082 402.13	0.20	6.10	3 089 172.13	617 834.43	7 623 822.52
301.40	3 839 792.76	0.20	6.30	3 461 097.44	692 219.49	8 316 042.00
301.60	4 177 897.94	0.20	6.50	4 008 845.35	801 769.07	9 117 811.08
301.80	4 516 003.13	0.20	6.70	4 346 950.54	869 390.11	9 987 201.18
302.00	4 919 241.46	0.20	6.90	4 717 622.29	943 524.46	10 930 725.64
302.25	5 293 461.66	0.25	7.15	5 106 351.56	1 276 587.89	12 207 313.53

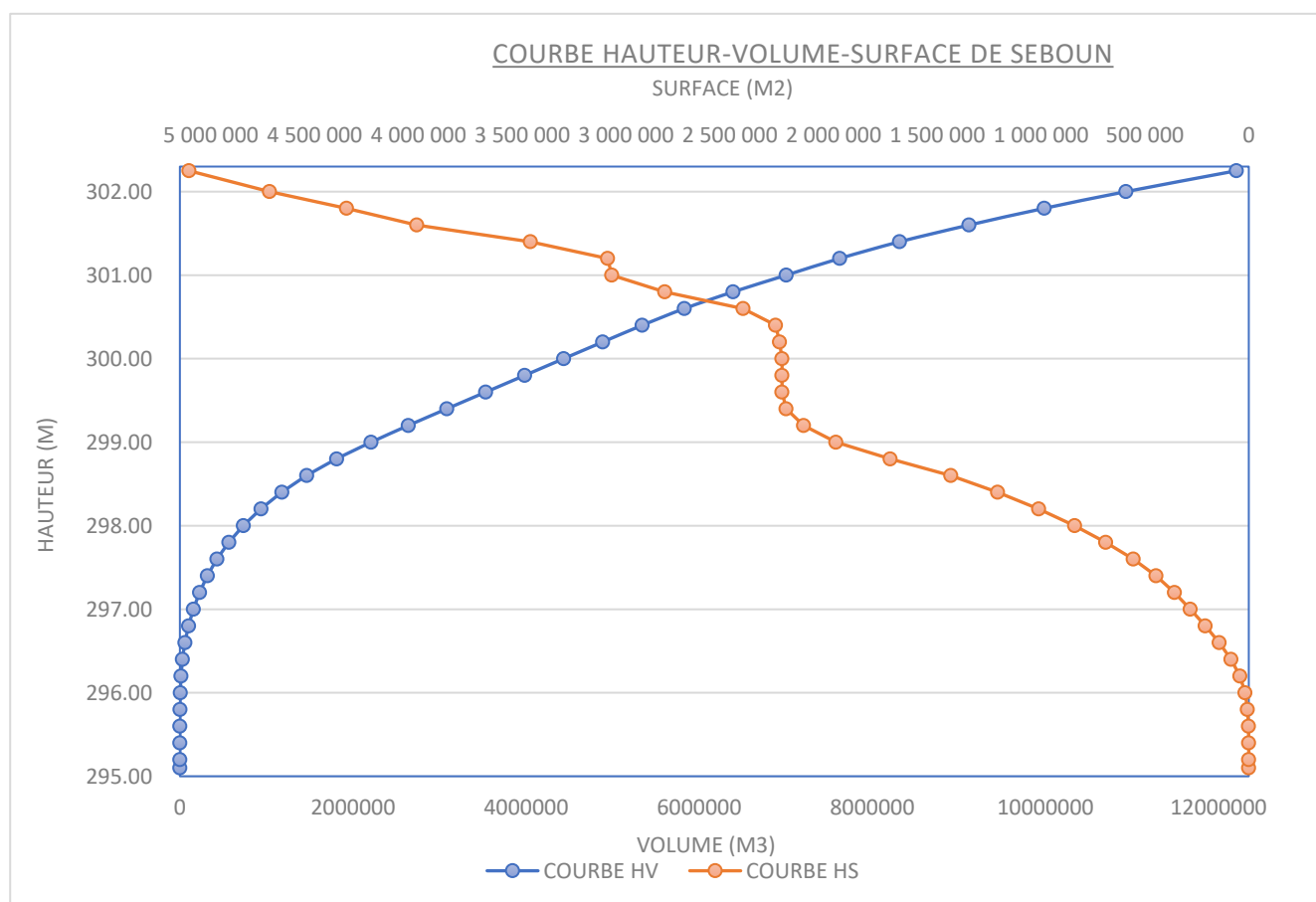


Figure 50 : courbes hauteur-Volume et Hauteur surface du barrage de SEBOUN

6.6.2.16 Courbes Hauteur-Volume-Surface du barrage de SOAW

Tableau 25 : Tableau d'étalonnage des courbes Hauteur-Volume-Surface du barrage de SOAW

Cotes (m)	Surfaces (m2)	Dénivelée (m)	Hauteur (m)	Surface moyenne (m2)	Volume élémentaire (m3)	Volume cumulé (m3)
314.30	50.00	-	-	-	-	-
314.40	260.00	0.10	0.10	155.00	15.50	15.50
314.50	798.00	0.10	0.20	529.00	52.90	68.40
314.60	4 098.00	0.10	0.30	2 448.00	244.80	313.20
314.70	9 930.00	0.10	0.40	7 014.00	701.40	1 014.60
314.80	18 899.00	0.10	0.50	14 414.50	1 441.45	2 456.05
314.90	36 065.00	0.10	0.60	27 482.00	2 748.20	5 204.25
315.00	60 146.00	0.10	0.70	48 105.50	4 810.55	10 014.80
315.10	90 393.00	0.10	0.80	75 269.50	7 526.95	17 541.75
315.20	169 168.00	0.10	0.90	129 780.50	12 978.05	30 519.80
315.30	246 014.00	0.10	1.00	207 591.00	20 759.10	51 278.90
315.40	295 882.00	0.10	1.10	270 948.00	27 094.80	78 373.70
315.50	354 528.00	0.10	1.20	325 205.00	32 520.50	110 894.20
315.60	414 208.00	0.10	1.30	384 368.00	38 436.80	149 331.00
315.70	462 993.00	0.10	1.40	438 600.50	43 860.05	193 191.05
315.80	482 240.00	0.10	1.50	472 616.50	47 261.65	240 452.70
315.90	482 240.00	0.10	1.60	482 240.00	48 224.00	288 676.70
316.00	482 240.00	0.10	1.70	482 240.00	48 224.00	336 900.70
316.10	482 240.00	0.10	1.80	482 240.00	48 224.00	385 124.70
316.20	482 240.00	0.10	1.90	482 240.00	48 224.00	433 348.70
316.30	482 240.00	0.10	2.00	482 240.00	48 224.00	481 572.70
316.60	588 900.22	0.30	2.30	535 570.11	160 671.03	642 243.73
316.70	630 397.42	0.10	2.40	609 648.82	60 964.88	703 208.62
316.80	730 972.69	0.10	2.50	680 685.06	68 068.51	771 277.12
316.90	759 902.69	0.10	2.60	745 437.69	74 543.77	845 820.89
317.00	813 653.64	0.10	2.70	786 778.16	78 677.82	924 498.71
317.10	935 008.75	0.10	2.80	874 331.19	87 433.12	1 011 931.83
317.20	1 181 657.72	0.10	2.90	1 058 333.23	105 833.32	1 117 765.15
317.30	1 306 579.02	0.10	3.00	1 244 118.37	124 411.84	1 242 176.99
317.40	1 551 658.00	0.10	3.10	1 429 118.51	142 911.85	1 385 088.84
317.50	1 736 944.36	0.10	3.20	1 644 301.18	164 430.12	1 549 518.95

Cotes (m)	Surfaces (m2)	Dénivelée (m)	Hauteur (m)	Surface moyenne (m2)	Volume élémentaire (m3)	Volume cumulé (m3)
317.60	1 793 583.06	0.10	3.30	1 765 263.71	176 526.37	1 726 045.32
317.70	1 848 383.28	0.10	3.40	1 820 983.17	182 098.32	1 908 143.64
317.80	1 920 771.39	0.10	3.50	1 884 577.34	188 457.73	2 096 601.38
317.90	2 149 517.69	0.10	3.60	2 035 144.54	203 514.45	2 300 115.83

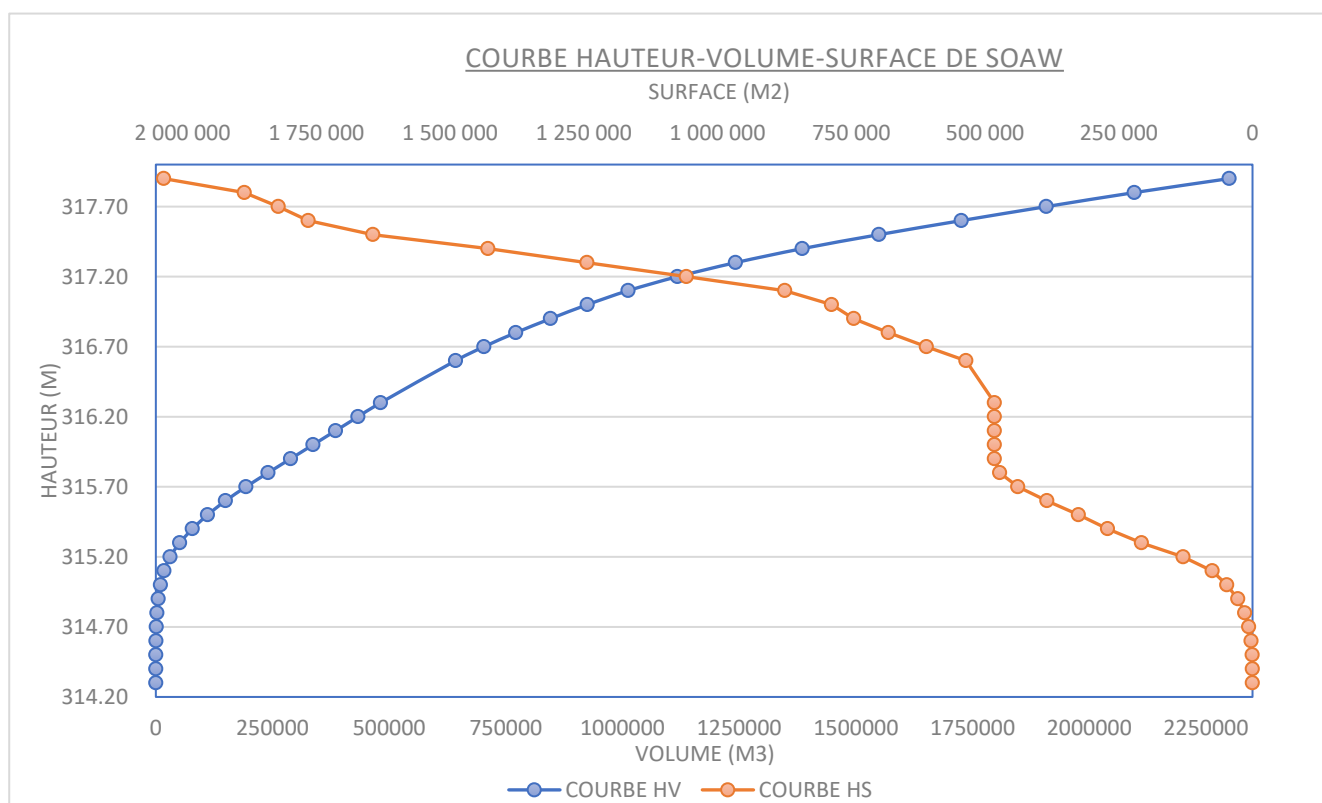


Figure 51 : courbes hauteur-Volume et Hauteur surface du barrage de SOAW

6.6.2.17 Courbes Hauteur Volume-Surface du barrage de TANGHIN YAKIN

Tableau 26 : Tableau d'étalonnage des courbes Hauteur-Volume-Surface du barrage de TANGHIN YAKIN

Côtes	Surfaces	Dénivelée	Hauteur	Surface moyenne	Volume élémentaire	Volume cumulé
	m2	m	m	m2	m3	m3
274.8	11164.75	-	-	-	-	-
274.9	2644.17	0.10	0.10	6 904.46	690.45	690.45
275	5287.99	0.10	0.20	3 966.08	396.61	1 087.05
275.1	42918.90	0.10	0.30	24 103.45	2 410.34	3 497.40
275.2	47700.78	0.10	0.40	45 309.84	4 530.98	8 028.38
275.3	65750.36	0.10	0.50	56 725.57	5 672.56	13 700.94
275.4	76943.47	0.10	0.60	71 346.91	7 134.69	20 835.63
275.5	92237.97	0.10	0.70	84 590.72	8 459.07	29 294.70
275.6	110049.00	0.10	0.80	101 143.48	10 114.35	39 409.05

275.7	131653.01	0.10	0.90	120 851.00	12 085.10	51 494.15
275.8	146864.29	0.10	1.00	139 258.65	13 925.86	65 420.02
275.9	185011.54	0.10	1.10	165 937.92	16 593.79	82 013.81
276	228330.99	0.10	1.20	206 671.27	20 667.13	102 680.93
276.1	288099.68	0.10	1.30	258 215.33	25 821.53	128 502.47
276.2	333289.21	0.10	1.40	310 694.44	31 069.44	159 571.91
276.3	380963.52	0.10	1.50	357 126.37	35 712.64	195 284.55
276.4	421847.99	0.10	1.60	401 405.76	40 140.58	235 425.12
276.5	456717.82	0.10	1.70	439 282.91	43 928.29	279 353.42
276.6	489297.01	0.10	1.80	473 007.42	47 300.74	326 654.16
276.7	521320.20	0.10	1.90	505 308.61	50 530.86	377 185.02
276.8	552517.73	0.10	2.00	536 918.96	53 691.90	430 876.91
276.9	581432.23	0.10	2.10	566 974.98	56 697.50	487 574.41
277	611416.69	0.10	2.20	596 424.46	59 642.45	547 216.86
277.1	638616.51	0.10	2.30	625 016.60	62 501.66	609 718.52
277.2	667433.91	0.10	2.40	653 025.21	65 302.52	675 021.04
277.3	696869.48	0.10	2.50	682 151.69	68 215.17	743 236.21
277.4	726699.56	0.10	2.60	711 784.52	71 178.45	814 414.66
277.5	757897.01	0.10	2.70	742 298.28	74 229.83	888 644.49
277.6	791544.03	0.10	2.80	774 720.52	77 472.05	966 116.54
277.7	823514.04	0.10	2.90	807 529.04	80 752.90	1 046 869.44
277.8	858425.35	0.10	3.00	840 969.69	84 096.97	1 130 966.41

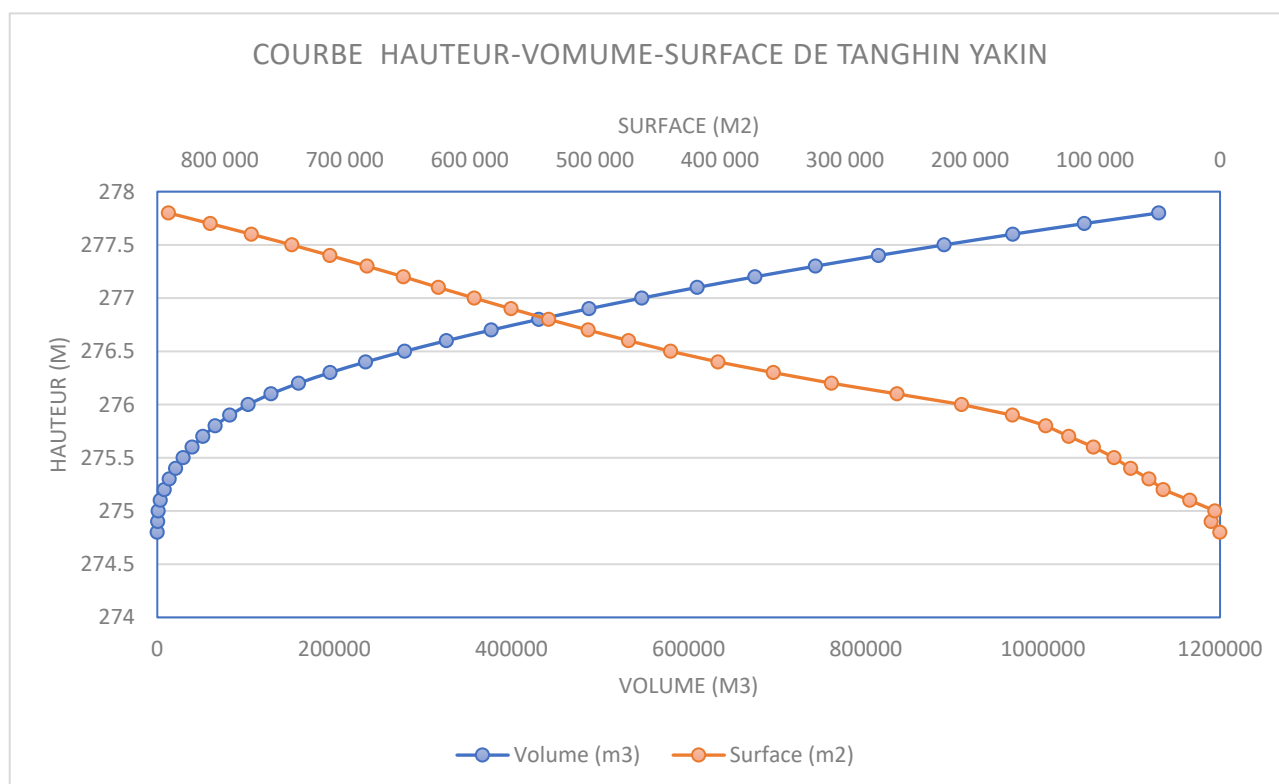


Figure 52 : courbes hauteur-Volume et Hauteur surface du barrage de TANGHIN YAKIN

6.6.2.18 Courbe Hauteur-Volume-Surface du barrage de TANSOBENTANGA

Tableau 27 : Tableau d'étalonnage des courbes Hauteur-Volume-Surface du barrage de TANSOBENTANGA

Cotes (m)	Surfaces (m2)	Dénivelée (m)	Hauteur (m)	Surface moyenne (m2)	Volume élémentaire (m3)	Volume cumulé (m3)
279.50	9.00	-	-	-	-	-
279.60	48.00	0.10	0.10	28.50	2.85	2.85
279.70	126.00	0.10	0.20	87.00	8.70	11.55
279.90	738.00	0.20	0.40	432.00	86.40	97.95
280.10	6 040.00	0.20	0.60	3 389.00	677.80	775.75
280.30	14 859.00	0.20	0.80	10 449.50	2 089.90	2 865.65
280.50	32 333.00	0.20	1.00	23 596.00	4 719.20	7 584.85
280.70	45 632.00	0.20	1.20	38 982.50	7 796.50	15 381.35
280.90	61 127.00	0.20	1.40	53 379.50	10 675.90	26 057.25
281.10	80 526.00	0.20	1.60	70 826.50	14 165.30	40 222.55
281.30	105 495.00	0.20	1.80	93 010.50	18 602.10	58 824.65
281.50	144 385.00	0.20	2.00	124 940.00	24 988.00	83 812.65
281.70	179 935.00	0.20	2.20	162 160.00	32 432.00	116 244.65
281.90	200 528.00	0.20	2.40	190 231.50	38 046.30	154 290.95
282.10	203 770.00	0.20	2.60	202 149.00	40 429.80	194 720.75
282.50	203 865.00	0.40	3.00	203 817.50	81 527.00	276 247.75
282.90	203 865.00	0.40	3.40	203 865.00	81 546.00	357 793.75
283.10	212 750.75	0.20	3.60	208 307.87	41 661.57	399 455.32
283.30	241 237.73	0.20	3.80	226 994.24	45 398.85	444 854.17
283.50	272 078.90	0.20	4.00	256 658.32	51 331.66	496 185.84
283.70	302 086.58	0.20	4.20	287 082.74	57 416.55	553 602.38
283.90	334 178.13	0.20	4.40	318 132.36	63 626.47	617 228.86
284.10	385 426.88	0.20	4.60	359 802.50	71 960.50	689 189.36
284.30	425 673.77	0.20	4.80	405 550.32	81 110.06	770 299.42
284.50	469 949.42	0.20	5.00	447 811.59	89 562.32	859 861.74
284.70	512 123.53	0.20	5.20	491 036.48	98 207.30	958 069.04
284.90	553 747.83	0.20	5.40	532 935.68	106 587.14	1 064 656.17
285.10	604 996.68	0.20	5.60	579 372.26	115 874.45	1 180 530.62
285.30	656 285.76	0.20	5.80	630 641.22	126 128.24	1 306 658.87
285.50	705 595.03	0.20	6.00	680 940.39	136 188.08	1 442 846.95
285.70	756 655.66	0.20	6.20	731 125.34	146 225.07	1 589 072.02

Cotes (m)	Surfaces (m2)	Dénivelée (m)	Hauteur (m)	Surface moyenne (m2)	Volume élémentaire (m3)	Volume cumulé (m3)
285.90	810 409.34	0.20	6.40	783 532.50	156 706.50	1 745 778.52
286.10	869 217.53	0.20	6.60	839 813.43	167 962.69	1 913 741.20

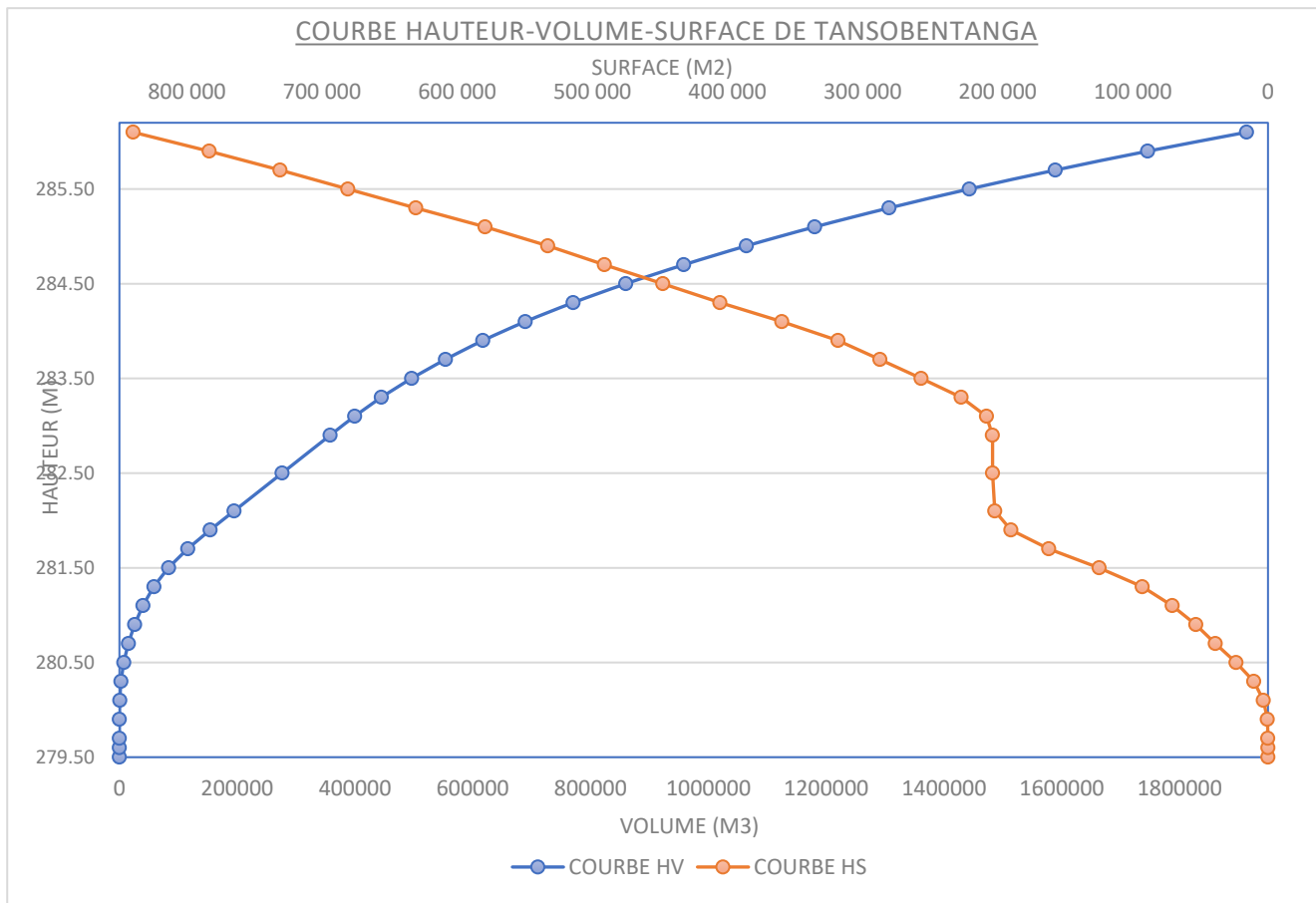


Figure 53 : courbes hauteur-Volume et Hauteur surface du barrage de TANSOBENTANGA

6.6.2.19 Courbes hauteur-volume-surface du barrage de WEDBILA

Tableau 28 : Tableau d'étalonnage des courbes Hauteur-Volume-Surface du barrage de WEDBILA

Cotes (m)	Surfaces (m2)	Dénivelée (m)	Hauteur (m)	Surface moyenne (m2)	Volume élémentaire (m3)	Volume cumulé (m3)
278.50	202.65	-	-	-	-	-
278.75	994.00	0.25	0.25	598.33	149.58	149.58
279.00	7 332.00	0.25	0.50	4 163.00	1 040.75	1 190.33
279.25	19 688.75	0.25	0.75	13 510.38	3 377.59	4 567.93

Cotes (m)	Surfaces (m2)	Dénivelée (m)	Hauteur (m)	Surface moyenne (m2)	Volume élémentaire (m3)	Volume cumulé (m3)
279.50	45 964.50	0.25	1.00	32 826.63	8 206.66	12 774.58
279.75	112 810.00	0.25	1.25	79 387.25	19 846.81	32 621.39
280.00	187 049.00	0.25	1.50	149 929.50	37 482.37	70 103.77
280.25	340 059.00	0.25	1.75	263 554.00	65 888.50	135 992.27
280.50	340 059.00	0.25	2.00	340 059.00	85 014.75	221 007.02
280.75	340 059.00	0.25	2.25	340 059.00	85 014.75	306 021.77
281.00	400 028.00	0.25	2.50	370 043.50	92 510.88	398 532.64
281.25	474 423.99	0.25	2.75	437 225.99	109 306.50	507 839.14
281.50	548 444.77	0.25	3.00	511 434.38	127 858.59	635 697.74
281.75	562 820.31	0.25	3.25	555 632.54	138 908.13	774 605.87
282.00	711 737.80	0.25	3.50	637 279.05	159 319.76	933 925.63
282.25	776 972.59	0.25	3.75	744 355.19	186 088.80	1 120 014.43
282.50	836 188.80	0.25	4.00	806 580.69	201 645.17	1 321 659.60
282.75	913 029.63	0.25	4.25	874 609.21	218 652.30	1 540 311.91
283.00	972 393.58	0.25	4.50	942 711.60	235 677.90	1 775 989.81
283.25	1 010 218.41	0.25	4.75	991 306.00	247 826.50	2 023 816.31
283.50	1 095 522.22	0.25	5.00	1 052 870.32	263 217.58	2 287 033.89
283.75	1 135 481.86	0.25	5.25	1 115 502.04	278 875.51	2 565 909.40
284.00	1 187 763.65	0.25	5.50	1 161 622.76	290 405.69	2 856 315.09
284.25	1 236 359.25	0.25	5.75	1 212 061.45	303 015.36	3 159 330.45
284.50	1 384 504.41	0.25	6.00	1 310 431.83	327 607.96	3 486 938.41

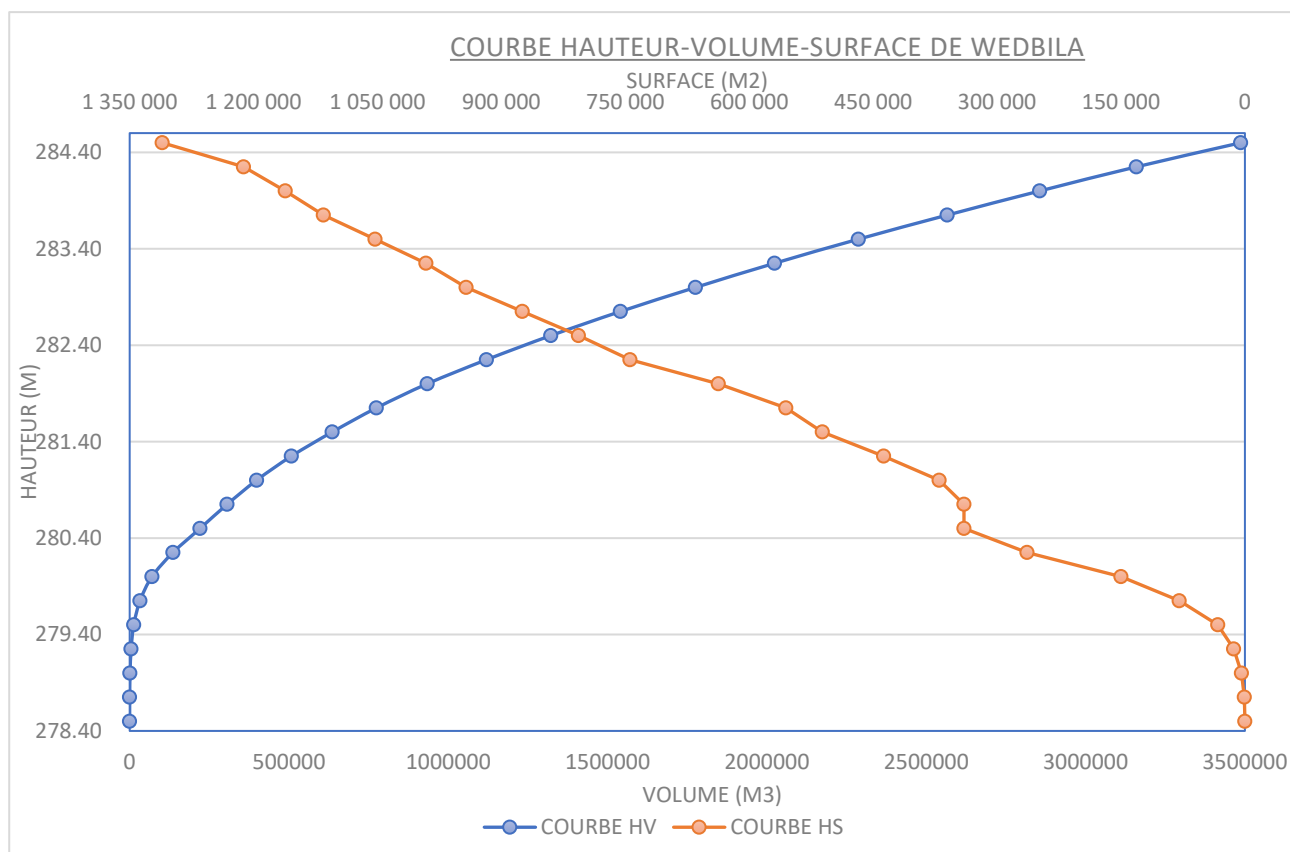


Figure 54 : courbes hauteur-Volume et Hauteur surface du barrage de WEDBILA

6.6.2.20 Courbes hauteur-volume-surface du barrage de WOBZOUYOU

Tableau 29 : Tableau d'étalonnage des courbes hauteur-Volume-surface du barrage de WOBZOUYOU

Cotes (m)	Surfaces (m2)	Dénivelée (m)	Hauteur (m)	Surface moyenne (m2)	Volume élémentaire (m3)	Volume cumulé (m3)
306.10	59.00	-	-	-	-	-
306.20	296.00	0.10	0.10	177.50	17.75	17.75
306.30	643.00	0.10	0.20	469.50	46.95	64.70
306.40	1 129.00	0.10	0.30	886.00	88.60	153.30
306.50	1 927.00	0.10	0.40	1 528.00	152.80	306.10
306.60	3 314.00	0.10	0.50	2 620.50	262.05	568.15
306.70	5 143.00	0.10	0.60	4 228.50	422.85	991.00
306.80	7 492.00	0.10	0.70	6 317.50	631.75	1 622.75
306.90	11 256.00	0.10	0.80	9 374.00	937.40	2 560.15
307.00	15 356.00	0.10	0.90	13 306.00	1 330.60	3 890.75

Cotes (m)	Surfaces (m2)	Dénivelée (m)	Hauteur (m)	Surface moyenne (m2)	Volume élémentaire (m3)	Volume cumulé (m3)
307.10	21 844.00	0.10	1.00	18 600.00	1 860.00	5 750.75
307.20	30 068.00	0.10	1.10	25 956.00	2 595.60	8 346.35
307.30	33 085.00	0.10	1.20	31 576.50	3 157.65	11 504.00
307.40	34 146.00	0.10	1.30	33 615.50	3 361.55	14 865.55
307.50	34 462.00	0.10	1.40	34 304.00	3 430.40	18 295.95
307.60	34 465.00	0.10	1.50	34 463.50	3 446.35	21 742.30
307.70	34 465.00	0.10	1.60	34 465.00	3 446.50	25 188.80
307.80	34 465.00	0.10	1.70	34 465.00	3 446.50	28 635.30
307.90	34 465.00	0.10	1.80	34 465.00	3 446.50	32 081.80
308.00	34 465.00	0.10	1.90	34 465.00	3 446.50	35 528.30
308.10	34 465.00	0.10	2.00	34 465.00	3 446.50	38 974.80
308.20	34 465.00	0.10	2.10	34 465.00	3 446.50	42 421.30
308.30	34 465.00	0.10	2.20	34 465.00	3 446.50	45 867.80
308.40	39 784.61	0.10	2.30	37 124.80	3 712.48	49 580.28
308.50	41 430.27	0.10	2.40	40 607.44	4 060.74	53 641.02
308.60	45 396.11	0.10	2.50	43 413.19	4 341.32	57 982.34
308.70	49 554.92	0.10	2.60	47 475.52	4 747.55	62 729.89
308.80	53 906.10	0.10	2.70	51 730.51	5 173.05	67 902.95
308.90	59 696.08	0.10	2.80	56 801.09	5 680.11	73 583.05
309.00	72 253.94	0.10	2.90	65 975.01	6 597.50	80 180.56
309.10	82 261.28	0.10	3.00	77 257.61	7 725.76	87 906.32
309.20	92 207.13	0.10	3.10	87 234.20	8 723.42	96 629.74
309.30	102 014.80	0.10	3.20	97 110.97	9 711.10	106 340.83
309.40	114 975.26	0.10	3.30	108 495.03	10 849.50	117 190.34
309.50	139 073.07	0.10	3.40	127 024.17	12 702.42	129 892.75
309.60	153 800.13	0.10	3.50	146 436.60	14 643.66	144 536.41
309.70	168 258.09	0.10	3.60	161 029.11	16 102.91	160 639.32
309.80	183 990.64	0.10	3.70	176 124.36	17 612.44	178 251.76
309.90	201 056.47	0.10	3.80	192 523.56	19 252.36	197 504.12
310.00	217 391.84	0.10	3.90	209 224.15	20 922.42	218 426.53
310.10	237 029.89	0.10	4.00	227 210.86	22 721.09	241 147.62
310.20	259 036.05	0.10	4.10	248 032.97	24 803.30	265 950.91

Cotes (m)	Surfaces (m2)	Dénivelée (m)	Hauteur (m)	Surface moyenne (m2)	Volume élémentaire (m3)	Volume cumulé (m3)
310.30	322 538.32	0.10	4.20	290 787.18	29 078.72	295 029.63
310.40	348 117.02	0.10	4.30	335 327.67	33 532.77	328 562.40
310.50	376 995.79	0.10	4.40	362 556.40	36 255.64	364 818.04
310.60	401 011.45	0.10	4.50	389 003.62	38 900.36	403 718.40

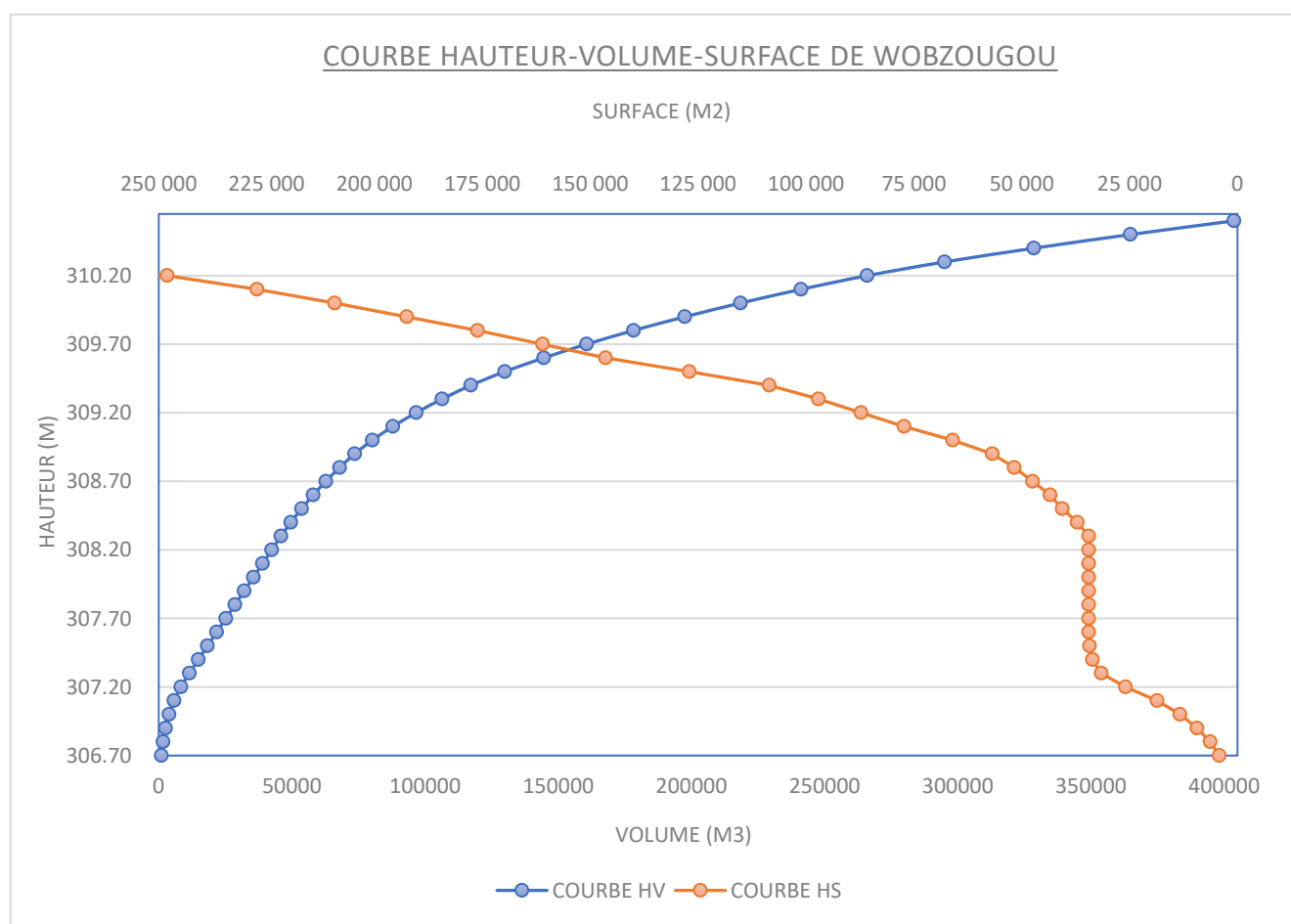


Figure 55 : courbes hauteur-Volume et Hauteur surface du barrage de WOBZOUYOU

6.7 LES CARTES BATHYMÉTRIQUES

Les cartes bathymétriques permettent de décrire les caractéristiques topographiques du fond d'un lac, d'un barrage ou d'un cours d'eau ...

Elles permettent d'apprécier les différentes profondeurs de chaque retenue d'eau.

L'examen des cartes bathymétriques réalisées montre que les profondeurs les plus élevées s'observent à l'exutoire du barrage.

Dans les opérations courantes, les données d'un relevé bathymétrique s'illustrent sous la forme d'une carte où des courbes de niveau relient les points de même profondeur (courbes de niveaux bathymétriques ou courbes isobathes). Ce schéma visuel permet une représentation du relief d'un plan d'eau. Il délimite les frontières entre des zones de même profondeur. Plus les courbes isobathes sont rapprochées les unes des autres, plus la pente est prononcée.

Vue 3D de la cuvette du barrage de Ekoulkoala

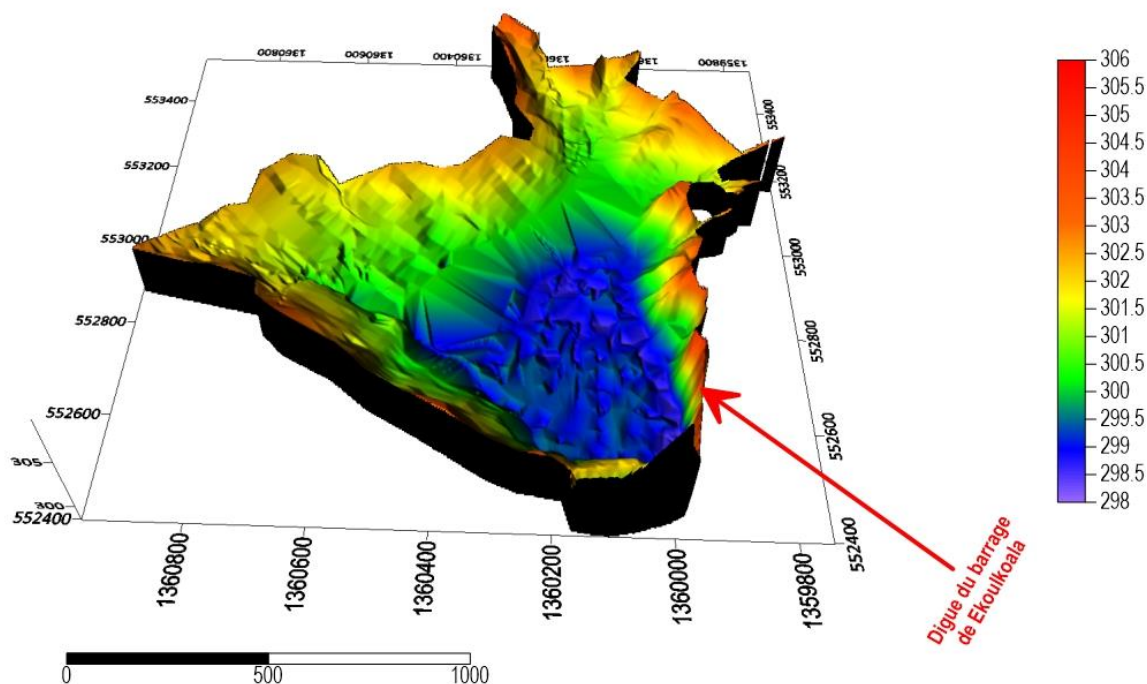


Figure 56 : Carte bathymétrique du barrage de EKOULKOALA

Vue 3D de la cuvette du barrage de Arzoumbongo

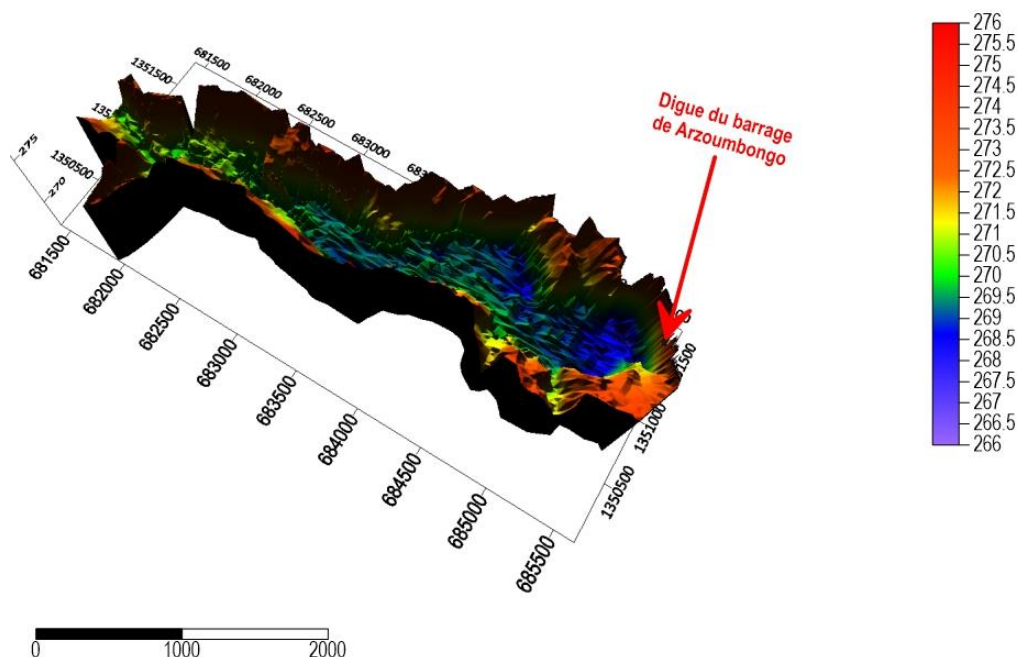


Figure 57 : Carte bathymétrique du barrage de ARZOUMBONGO

Vue 3D de la cuvette du barrage de Gaskaye

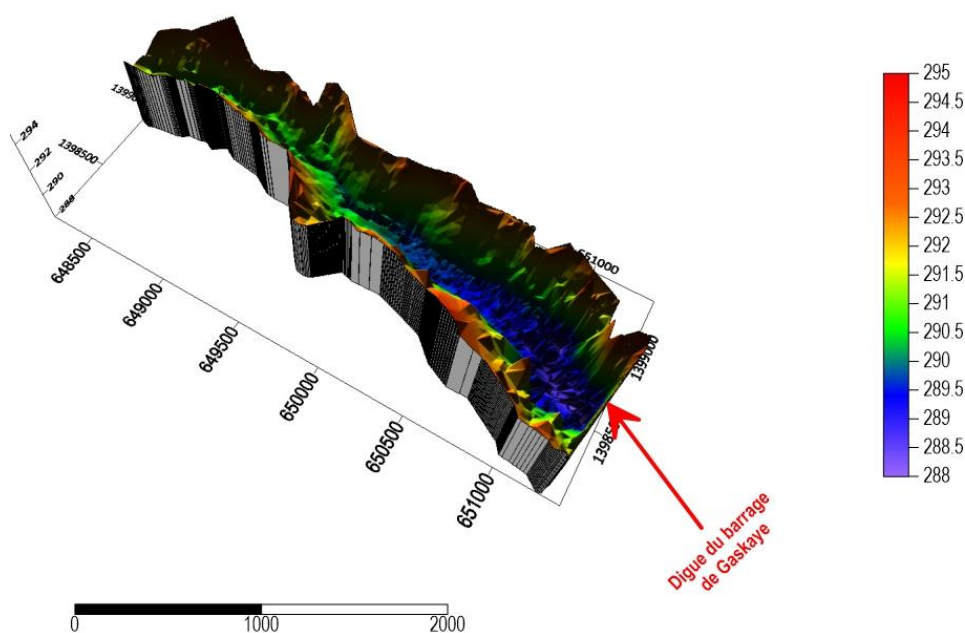


Figure 58 : Carte bathymétrique du barrage de GASKAYE

Vue 3D de la cuvette du barrage de Boura

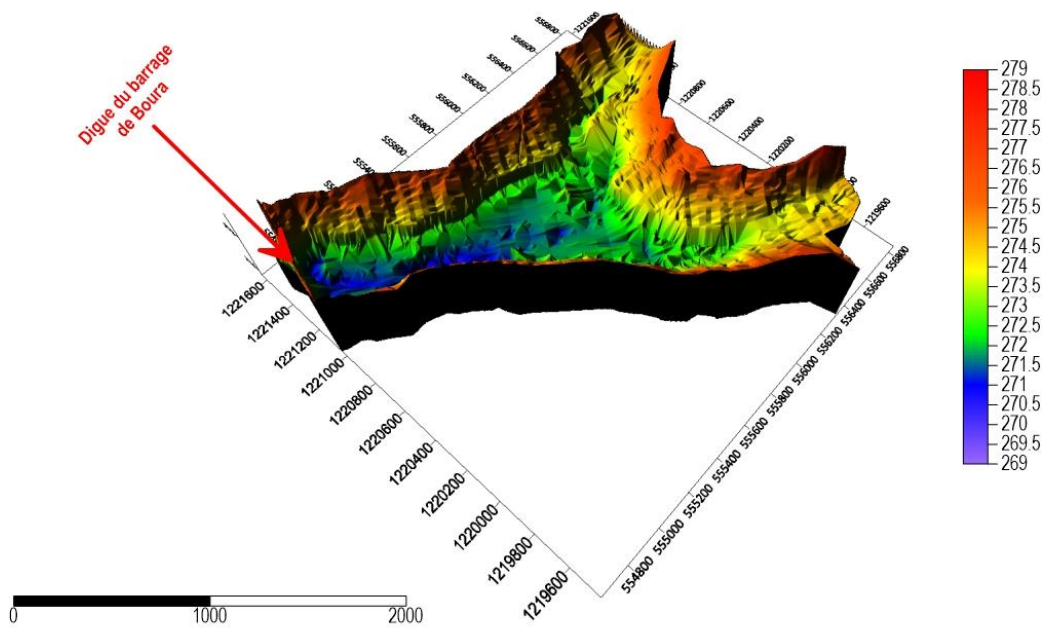


Figure 59 : Carte bathymétrique du barrage de BOURA

Vue 3D de la cuvette du barrage de Lou

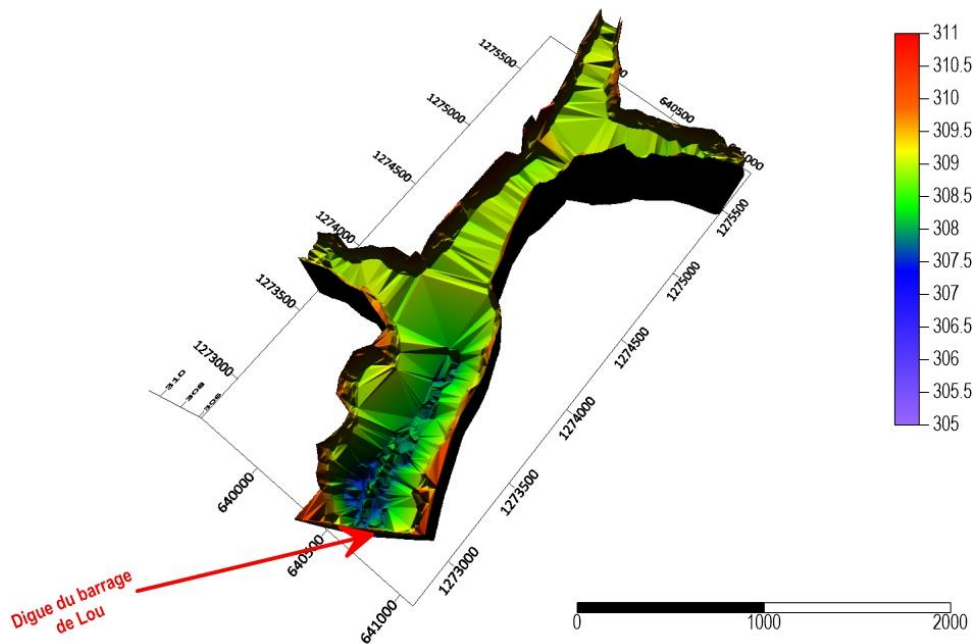


Figure 60 : Carte bathymétrique du barrage de LOU

Vue 3D de la cuvette du barrage de Kalzi

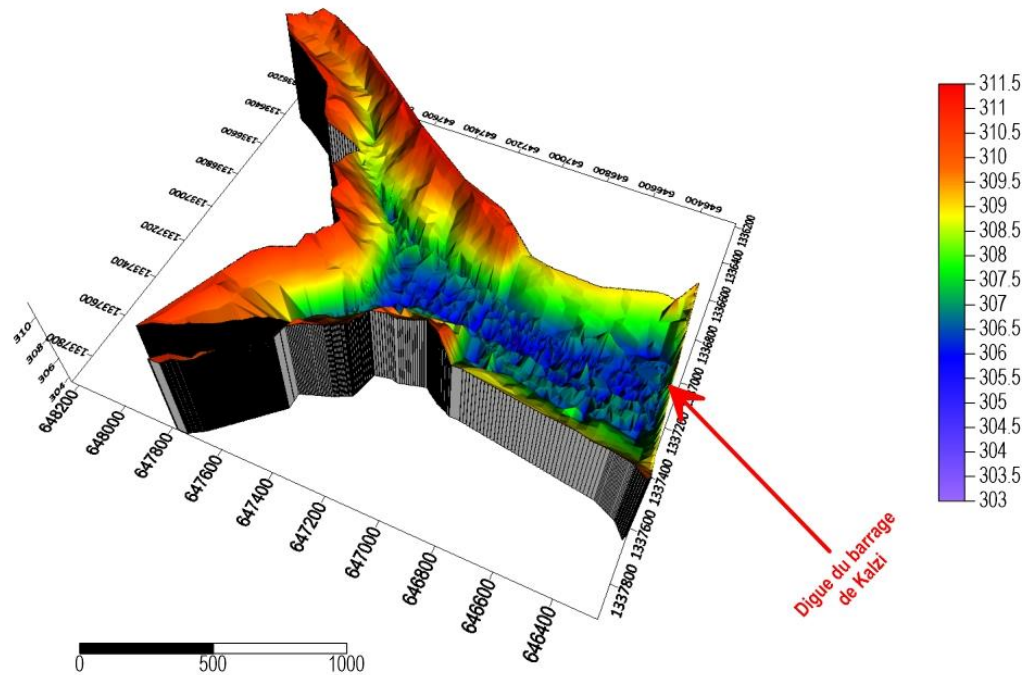


Figure 61 : Carte bathymétrique du barrage de KALZI

Vue 3D de la cuvette du barrage de Nagbangré

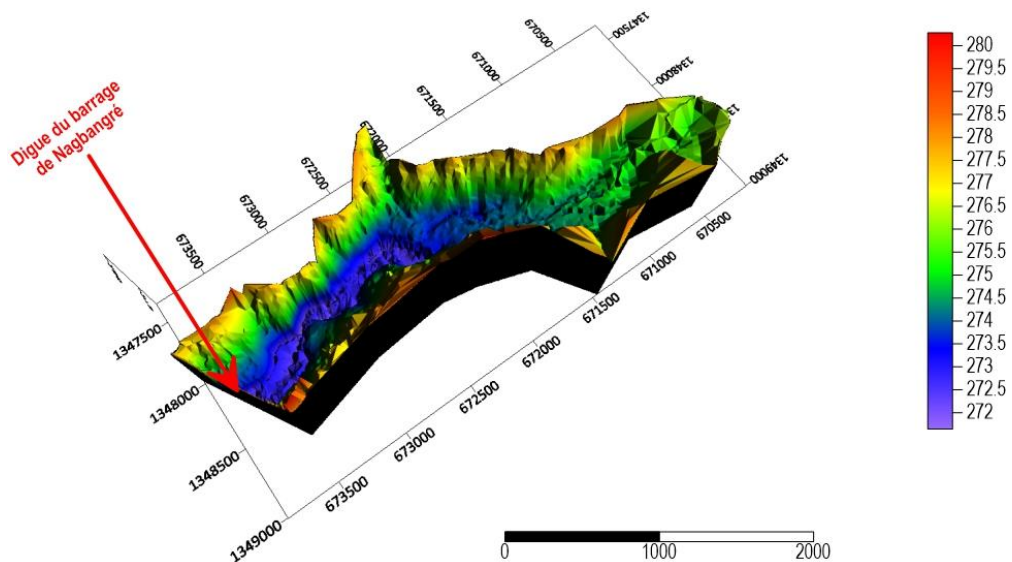


Figure 62 : Carte bathymétrique du barrage de NAGBANGRE

Vue 3D de la cuvette du barrage de Nabazana

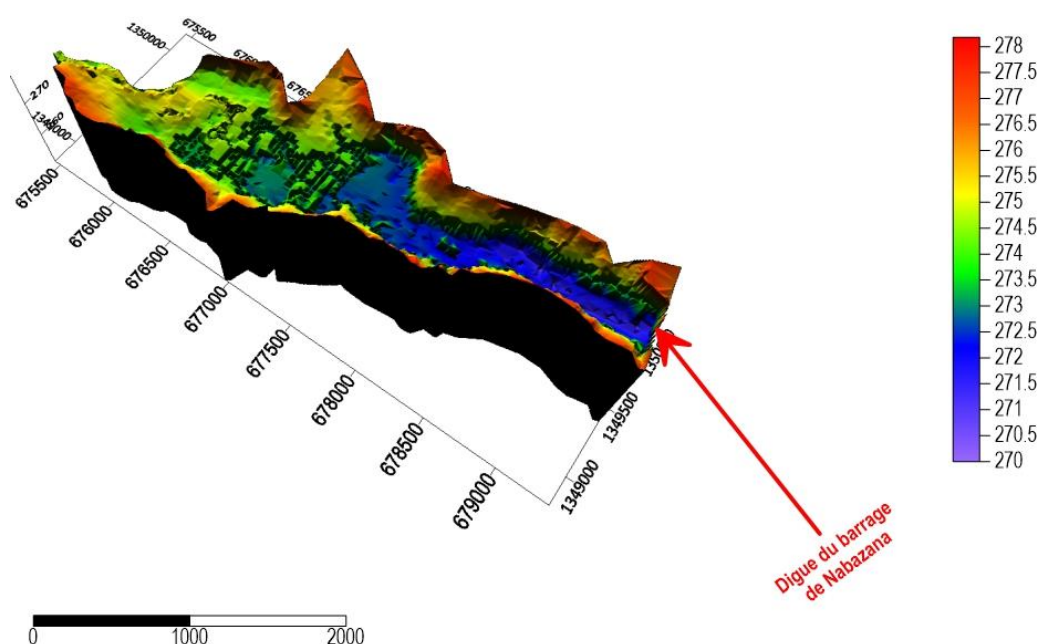


Figure 63 : Carte bathymétrique du barrage de NABAZANA

Vue 3D de la cuvette du barrage de Ouaga 3

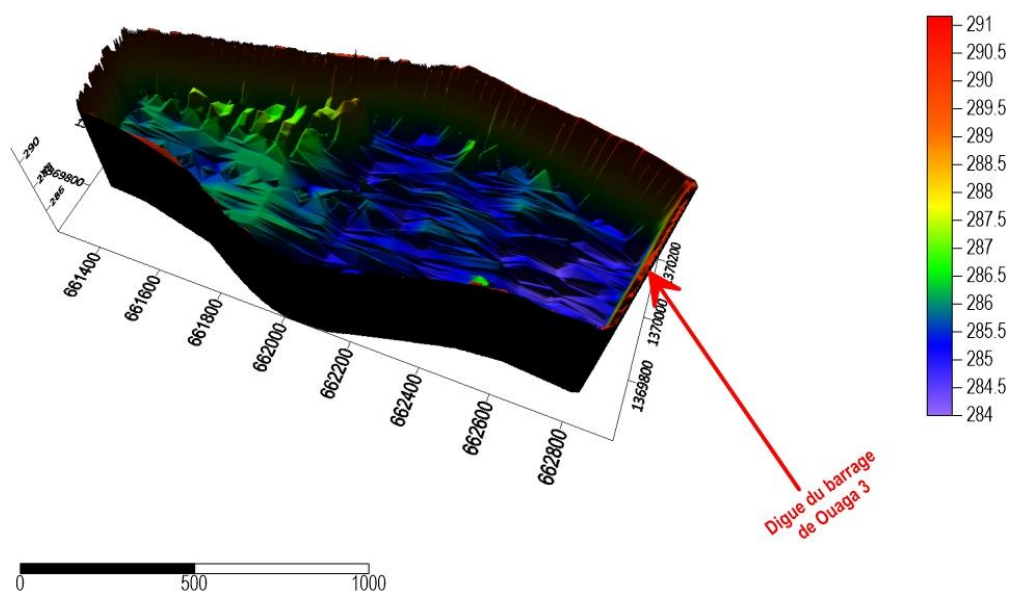


Figure 64 : Carte bathymétrique du barrage N°3 de OUAGA

Vue 3D de la cuvette du barrage de Ouaga 2

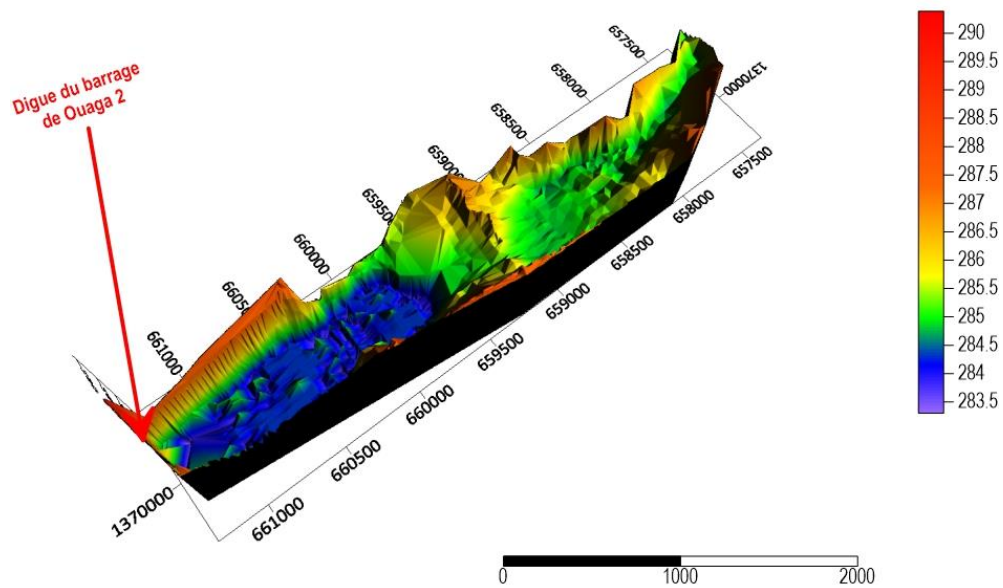


Figure 65 : Carte bathymétrique du barrage N°2 de OUAGA

Vue 3D de la cuvette du barrage de Kaongo

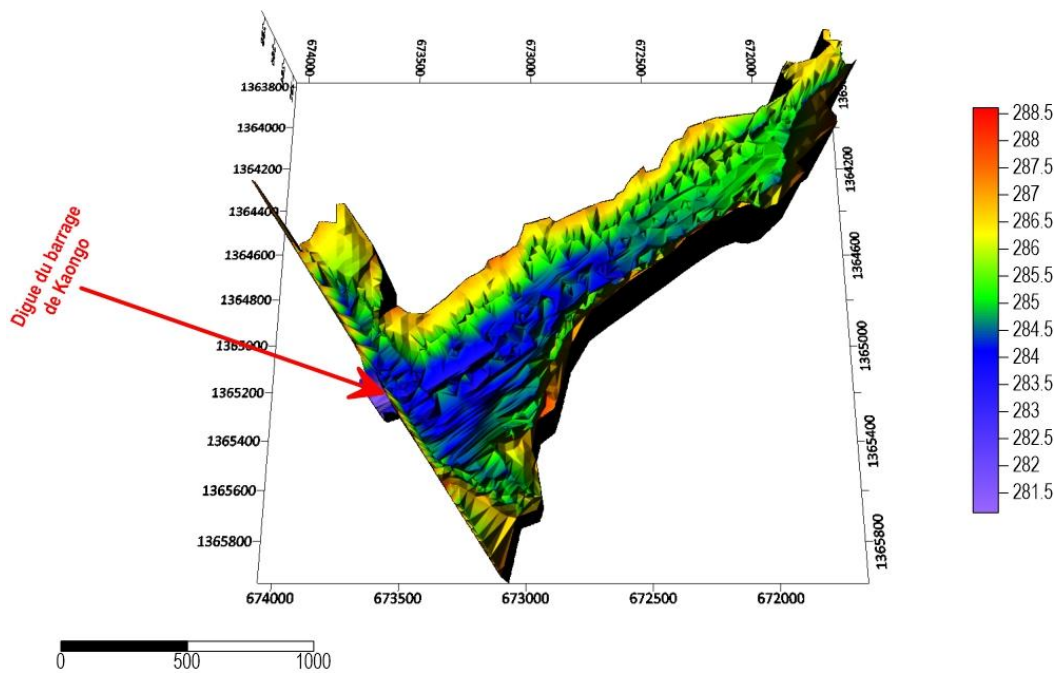


Figure 66 : Carte bathymétrique du barrage de KAONGO

Vue 3D de la cuvette du barrage de Pabre Ville

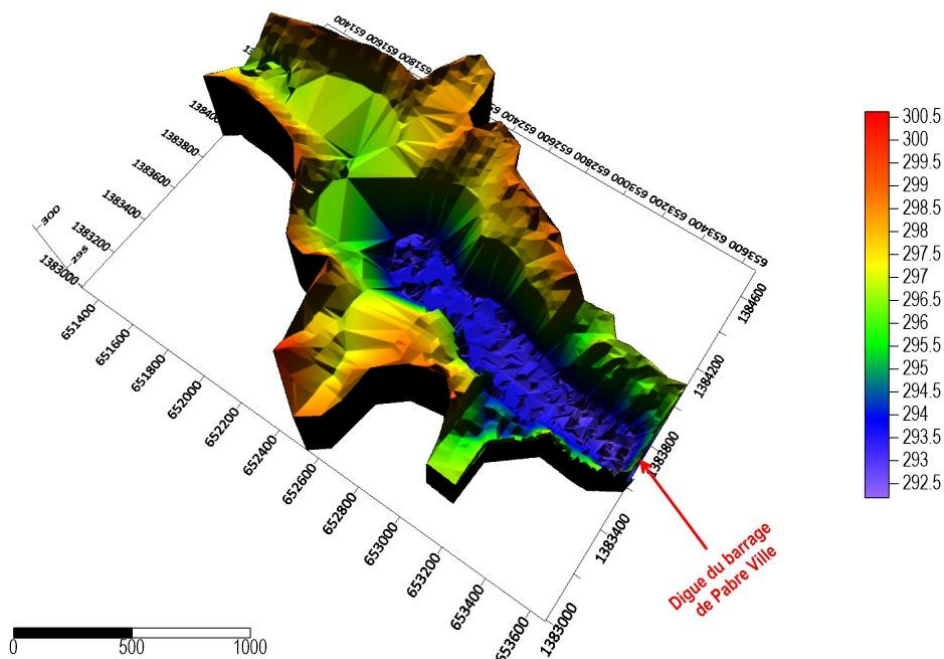


Figure 67 : Carte bathymétrique du barrage de PABRE VILLE

Vue 3D de la cuvette du barrage de Salbisgo

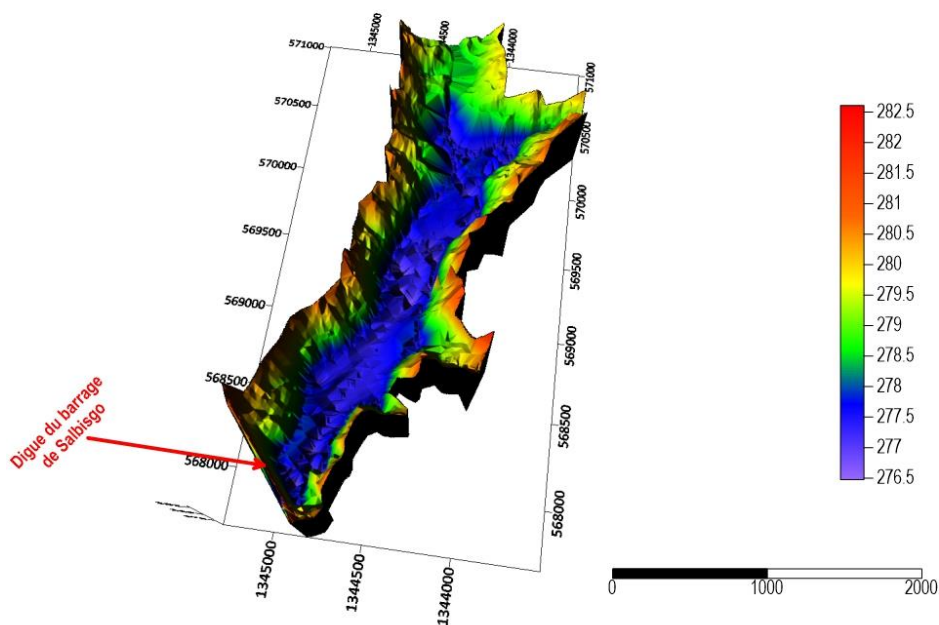


Figure 68 : Carte bathymétrique du barrage de SALBISGO

Vue 3D de la cuvette du barrage de Savili

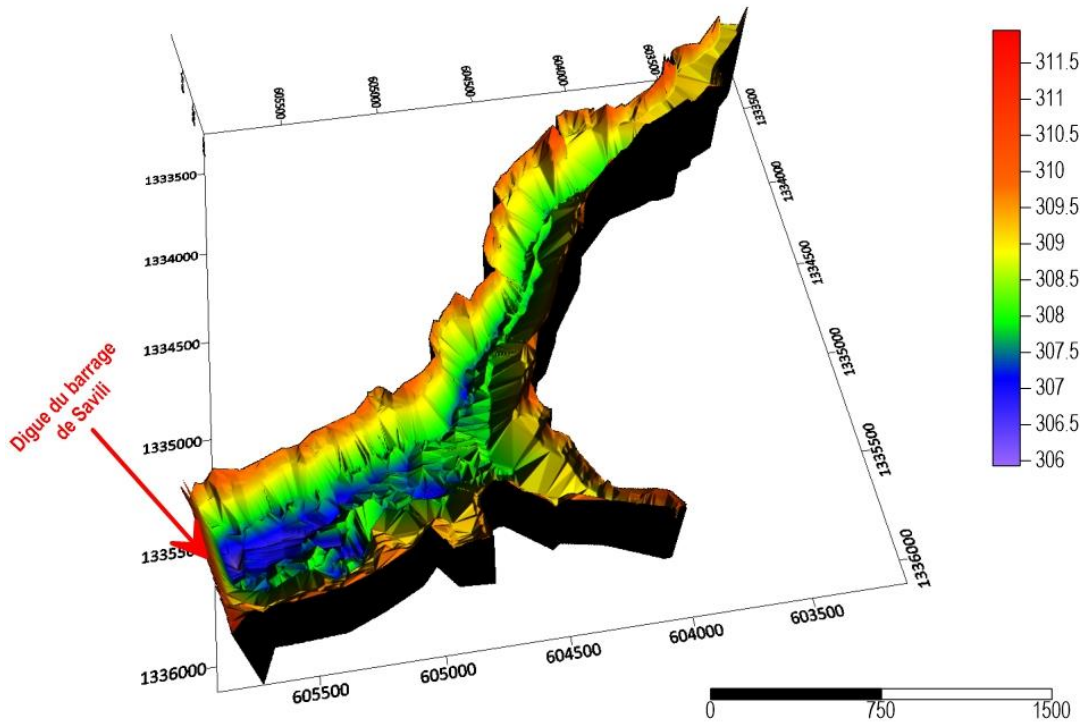


Figure 69 : Carte bathymétrique du barrage de SAVILI

Vue 3D de la cuvette du barrage de Soaw

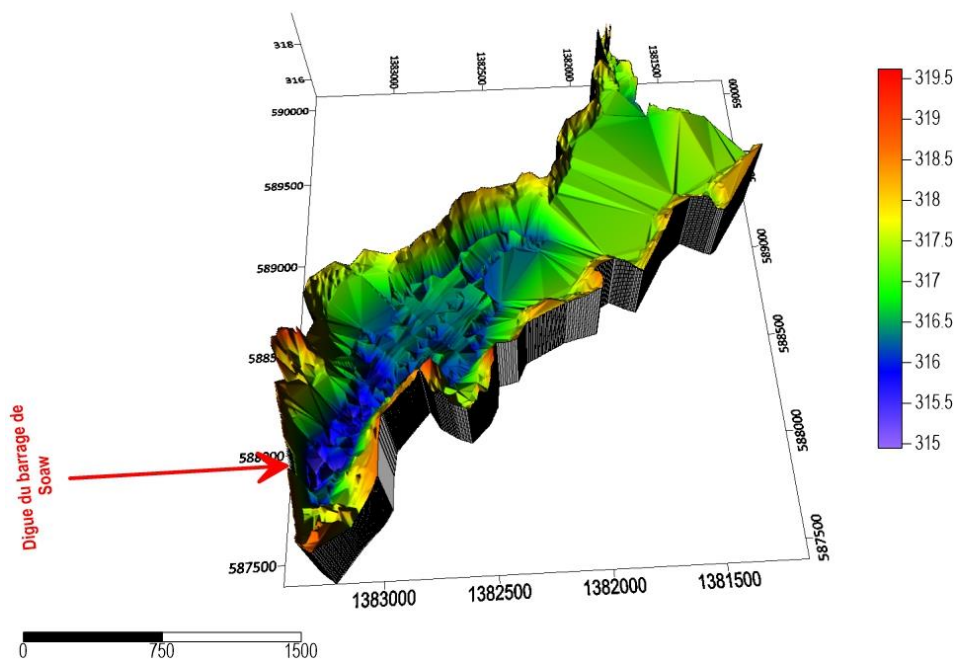


Figure 70 : Carte bathymétrique du barrage de SOAW

Vue 3D de la cuvette du barrage de Seboun

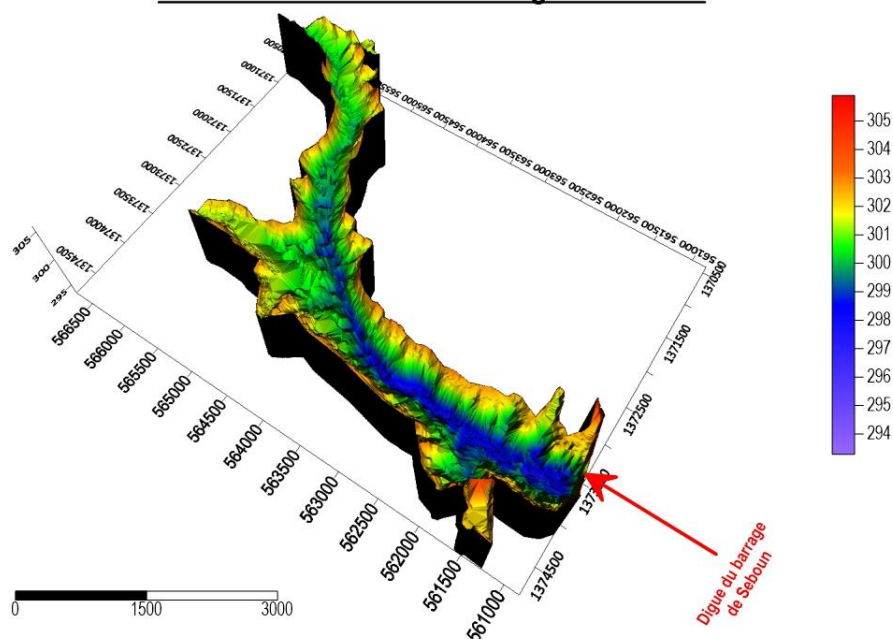


Figure 71 : Carte bathymétrique du barrage de SEBOUN

Vue 3D de la cuvette du barrage de Tanghin Yakin

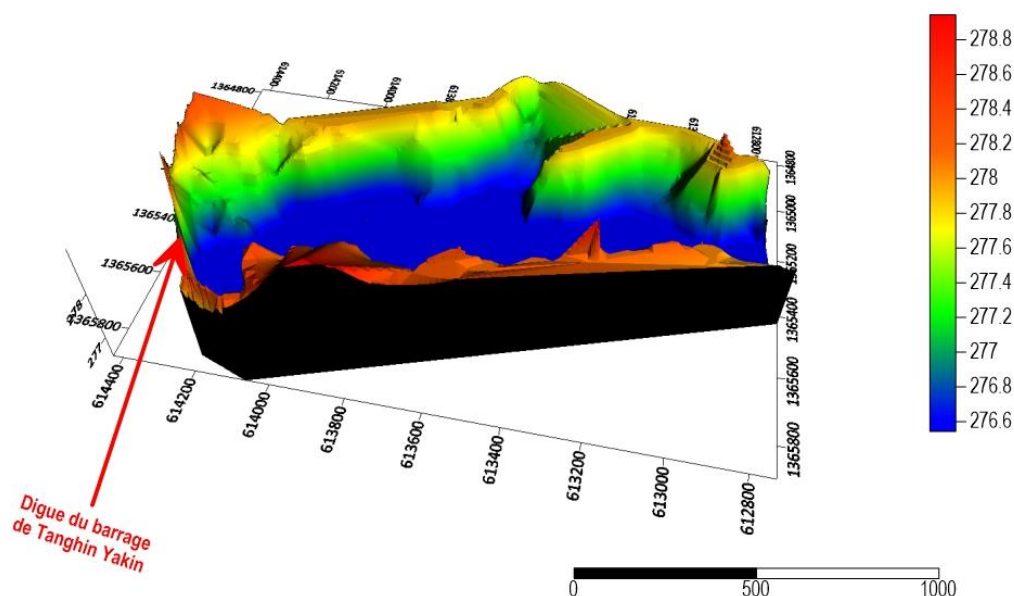


Figure 72 : Carte bathymétrique du barrage de TANGHIN YAKIN

Vue 3D de la cuvette du barrage de Tansobentenga

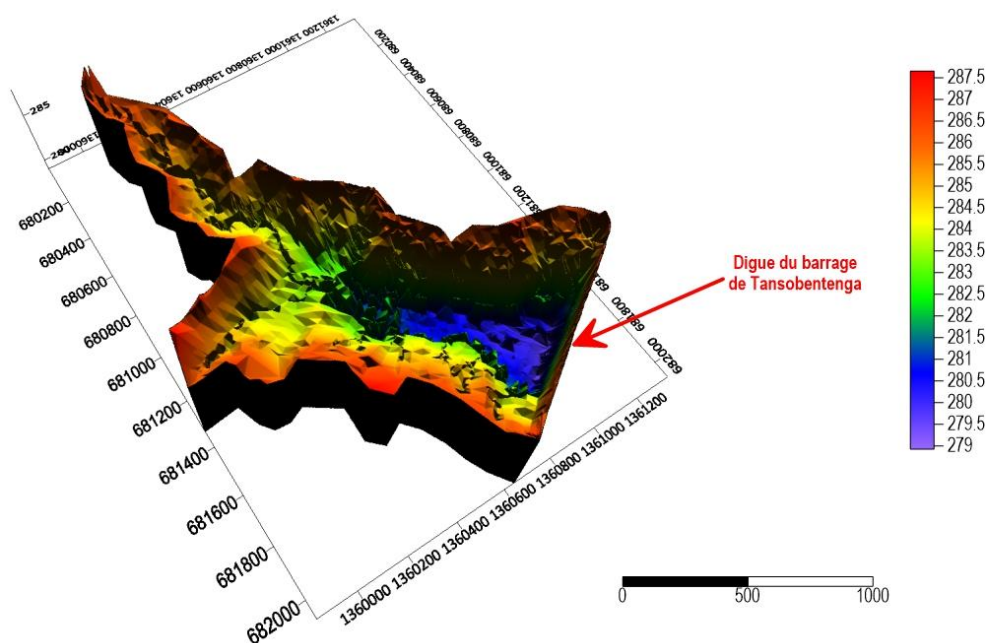


Figure 73 : Carte bathymétrique du barrage de TANSOBENTANGA

Vue 3D de la cuvette du barrage de Wedbila

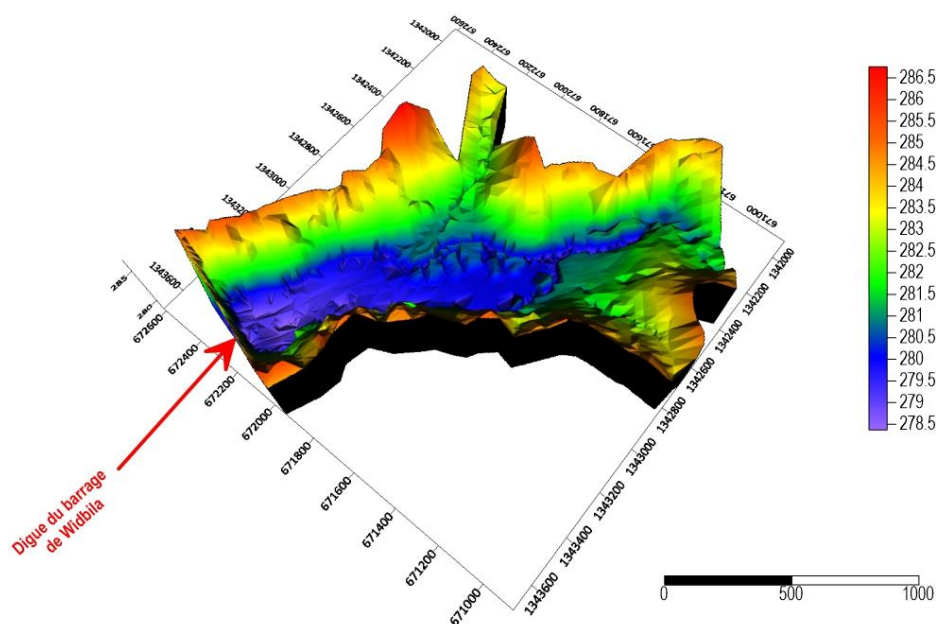


Figure 74 : Carte bathymétrique du barrage de WEDBILA

Vue 3D de la cuvette du barrage de Wobzougou

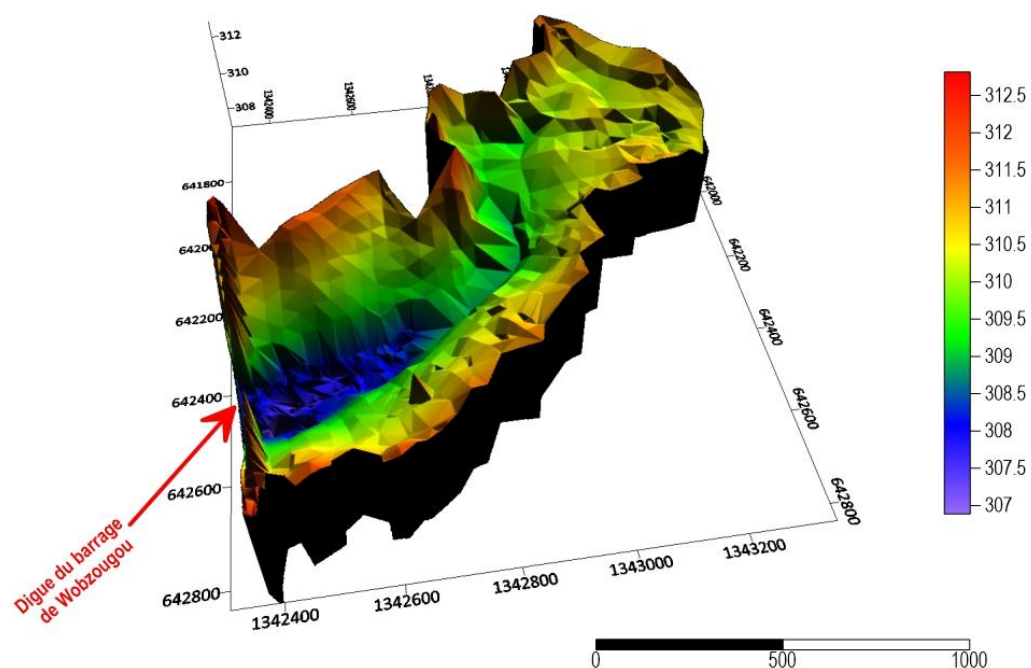


Figure 75 : Carte bathymétrique du barrage de WOBZOUGOU

7 TRANSFERT DE COMPETENCE

Dans le cadre du transfert de compétence prévu au cours de la mise en œuvre de la prestation, il est prévu une séance de formation pour les agents techniques des structures chargées du suivi et de la gestion des ressources en eau. Ce transfert s'est fait de façon continue durant la période de l'étude permettant ainsi aux agents de l'UGP et des directions régionales de participer à toutes les étapes de l'étude.

Nous pouvons noter que le transfert de compétence a été organisé principalement autour de deux axes. Le transfert de connaissance par une session de formation et le transfert de connaissance sur le terrain par la pratique en continue.

7.1 TRANSFERT DE CONNAISSANCE PAR FORMATION

L'objectif global de cette formation a été d'assurer aux participants, une revue générale sur la conduite d'une étude Bathymétrique. Ainsi, les participants ont pris connaissance selon la méthodologie du consultant, des différentes étapes de l'étude allant de la collecte des données jusqu'à la production des cartes bathymétriques et la détermination des capacités des différentes retenues.

A la suite de cela, il s'est agi pour le cabinet de partager sa connaissance avec les participants sur l'utilisation efficace d'un échosondeur bathymétrique. Pour la circonstance, c'est le drone bathymétrique « Super Bathy » de Héliceo » qui a été pris en main.

De manière spécifique il s'agit de :

- Maîtriser les différentes étapes de la conduite d'une étude bathymétrique ;
- Maîtriser l'utilisation et le fonctionnement des drones Super Bathy ;
- Connaître les principes de base de pilotage des drones ;
- Acquérir les notions essentielles à la réalisation des levés à l'aide Super Bathy ;
- Connaître les bases d'élaboration d'un plan de navigation ;
- Maîtriser les bases de contrôle, de réglage et d'entretien du matériel ;
- Maîtriser le mode d'acquisition des données brutes, le traitement et la production de cartes.

Ce volet permettra à l'équipe du projet et du Consultant de revisiter leur connaissance théorique. Cela s'explique par le fait que les agents à former ont déjà certaines connaissances dans le génie civil, l'hydrologie, la topographie, etc. Il s'est agi donc de leur permettre d'actualiser et de mieux utiliser leurs connaissances à travers des échanges thématiques sur les aspects théoriques et leur mise en œuvre pratique.

La session de formation s'est déroulée le 16 Septembre 2021 de 08h30 à 16h dans la salle de réunion de l'Unité de Gestion du Programme d'Approvisionnement en Eau et d'Assainissement. Il a connu la participation des agents de l'UGP et des Directions Régionales selon le détail suivant :

N°	Structures	Effectifs
1	Programme d'Approvisionnement en Eau et d'Assainissement	3
2	Direction Générale des Ressources en Eau (DGRE)	4
3	Direction Régionale de l'Eau et de l'Assainissement du Centre	2
4	Direction Régionale de l'Eau et de l'Assainissement du Centre Ouest	2
5	Direction Générale des Infrastructures Hydrauliques	1
6	Institut Géographique du Burkina	1
7	Groupement FI/HCI	10
Total		23

La formation sur la prise en main du drone bathymétrique a été donnée par M. François Baudet, Expert Géomètre-Topographe, travaillant à Héliéco qui est constructeur de l'équipement.

Cette formation a été clôturée par un essai pratique sur le barrage N°3 de Tanghin. L'essai s'est fait en deux étapes. La première étape a consisté à planifier une mission (campagne de levé bathymétrique) à travers le contrôleur du drone du Super Bathy. Puis la deuxième a consisté à réaliser le lever sur le barrage. La mission étant planifiée avant, le levé se fait automatiquement jusqu'à épuisement de la batterie du drone. Les agents ont pu organiser la planification d'une mission avec l'équipe du cabinet et participer aux essais sur le barrage. Aussi, certains agents ont pu réaliser un pilotage en mode manuel du drone séance tenante.

7.2 TRANSFERT DE CONNAISSANCE PAR LA PRATIQUE

Cette formation s'est déroulée de façon continue et progressive, selon la disponibilité des agents, et de manière interactive par une participation directe dans l'équipe du Consultant. Un cadre d'échange a été établi pour permettre aux homologues du Projet d'exposer leurs préoccupations au fil de l'avancement du projet.

Pour cette phase, le cabinet a fait le choix d'utiliser un autre type d'équipement afin de contourner les limites terrain que le drone présentait. L'équipement était composé de :

- GPS différentiel CHCNAV ;
- Echosondeur bi fréquence ;

- Du logiciel hydromagic pour la collecte des données bathymétriques.



Figure 76 : Quelques photos des séances pratiques avec les agents des directions régionales du Centre et du Centre-Ouest

8 CONCLUSION

Les études bathymétriques de 20 retenues d'eau dans les Régions du Centre et du Centre-Ouest ont été réalisées. Les visites de reconnaissance et de remise de sites ont été effectuées sur l'ensemble des sites. Très peu de données sont disponibles sur les retenues objet des études. Ainsi le groupement a procédé par la réalisation des levés topographiques des parties à sec des cuvettes et/ou avec des lames d'eau faible avec des récepteurs GPS/GNSS différentiel. Les levés des parties avec des lames d'eau relativement importantes ont été réalisés par échosondeurs bi fréquences embarqués sur un zodiaque.

Pour les dépôts solides dans les retenues, nous constatons que pour les bassins versants de superficies inférieures à 55 km², les estimations des dépôts solides à partir des formules empiriques sont presque identiques à celles obtenues à partir de l'échosondeur bi-fréquence. Pour les bassins versants de superficies au-delà de 55 km², les dépôts solides estimés par les formules empiriques sont très largement supérieurs comparés aux dépôts solides estimés à partir de l'échosondeur bi-fréquence.

Plusieurs raisons pourraient expliquer l'écart relativement important entre les mesures de l'échosondeur bi-fréquence et les valeurs calculées par les formules empiriques. En effet, les dépôts solides réels peuvent être relativement éloignés du résultat donné par les formules empiriques selon le type de sols, la mise en culture, mais aussi selon la valeur du coefficient de ruissellement moyen annuel, de l'intensité de la pluie et de son énergie.

Quant aux travaux topographiques et bathymétriques réalisés, ils ont permis de reconstituer les cuvettes des barrages et d'apprécier le niveau d'envasement de chaque retenue d'eau.

ANNEXES
