



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO
ECOLE SUPERIEURE POLYTECHNIQUE



**MENTION : Information Géographique et Aménagement du
Territoire (IGAT)**

PARCOURS : Information Géographique et Foncière (IGF)

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur, Grade Master
En Information Géographique et Foncière

**TRAVAUX TOPOGRAPHIQUES POUR LA
CONSTRUCTION DE BARRAGE ET
« PUMP HOUSE » SUR LE CHANTIER
« TAILLINGS II » A TOAMASINA**

Présenté par : RAMANANJATO Fanomezana

Encadreur : Monsieur RABETSIAHINY

Soutenu le : 26 juillet 2019 à Ankatso

Promotion 2018

Année Universitaire : 2017-2018



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO
ECOLE SUPERIEURE POLYTECHNIQUE



**MENTION : Information Géographique et Aménagement du
Territoire (IGAT)**

PARCOURS : Information Géographique et Foncière (IGF)

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur, Grade Master
En Information Géographique et Foncière

**TRAVAUX TOPOGRAPHIQUES POUR LA
CONSTRUCTION DE BARRAGE ET « PUMP
HOUSE » SUR LE CHANTIER « TAILLINGS II » A
TOAMASINA**

Présenté par : RAMANANJATO Fanomezana

Soutenu le : 26 juillet 2019 à Ankatso

Membres du Jury :

Président : Monsieur RABARIMANANA Mamy

Encadreur : Monsieur RABETSIAHINY

Examineurs : -Monsieur RAVELOALISON Haja Nirina

-Monsieur ANRIANARISON Misan'ny Nirina

Promotion 2018

Année Universitaire : 2017-2018

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier d'abord le SEIGNEUR qui par sa grâce nous a donné la santé, la force et le courage durant la réalisation de ce mémoire.

Je tiens également à exprimer mes vives gratitude à :

- Monsieur RAKOTOSAONA Rijalalaina, Professeur Titulaire, Responsable du Domaine de l'Ingénieur de l'ESPA pour les efforts qu'il a dépensés pour assurer la bonne marche de l'école ;
- Monsieur ANDRIAMASIMANANA Rado, Maîtres de Conférences , Responsable de la Mention IGAT, qui nous a dirigés pour mener bien nos études ;
- Monsieur RABARIMANANA Mamy, Professeur à l'ESPA, qui nous fait l'honneur d'avoir accepté le Président de Jury de ce mémoire
- Monsieur RABETSIAHINY, Maître de Conférences , Enseignant à l'ESPA, qui m'a donné des conseils et m'a guidé pendant l'élaboration de cette étude ;
- Monsieur RAVELOALISON Haja Nirina, Maître de Conférences, Enseignant à l'ESPA, qui a bien voulu accepter de juger mon travail ;
- Monsieur ANDRIANARISON Misan'ny Nirina, Ingénieur Géomètre Topographe et Enseignant à l'ESPA, qu'il m'a fait honneur en acceptant d'examiner ce mémoire ;
- Tous les enseignants qui nous ont formés en IGAT ;
- La société MADIMEX pour sa collaboration ;
- Toute ma famille qui m'ont encouragé et qui n'ont pas cessé de me soutenir aussi bien moralement que matériellement ;
- Tous mes amis et collègues de l'ESPA ;
- Tous ceux qui ont contribué de près et de loin au bon accomplissement de ce mémoire

Nous sommes reconnaissant et que Dieu vous bénisse dans tout ce que vous entreprenez.

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS	i
SOMMAIRE	ii
ABREVIATIONS ET ACRONYMES.....	iii
LISTE DES FIGURES.....	v
LISTE DES CARTES	vi
LISTE DES PHOTOS.....	vi
LISTE DES PLANS	vi
LISTE DES TABLEAUX	vii
INTRODUCTION	1
Partie I : GENERALITES DES TRAVAUX	2
I. <i>Présentation des travaux.....</i>	3
II. <i>Généralités sur la « pump house ».....</i>	9
III. <i>Généralités sur le barrage de récupération.....</i>	11
Partie II : ETUDES TOPOGRAPHIQUES	16
I. <i>Etude de l'emplacement du projet.....</i>	17
II. <i>Travaux topographiques</i>	18
PARTIE III : ETUDE DES TRAVAUX D'INFRASTRUCTURE	42
I. <i>Barrage de récupération</i>	43
II. <i>Station de pompage et voile</i>	49
III. <i>Bâtiment et Implantation [6][7].....</i>	51
PARTIE IV : EVALUATION FINANCIERE ET ETUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTALE	67
I. <i>Coût de la conception du projet</i>	68
II. <i>Impact environnemental</i>	70
CONCLUSION.....	74
REFERENCE	I
ANNEXES.....	III
TABLE DES MATIERES	XVII
RAMANANJATO Fanomezana	

ABREVIATIONS ET ACRONYMES

AR : Arrière

ASECNA : Agence pour SECurité de la Navigation Aérienne

AV : Avant

BCR : Béton Compressé au Rouleau

BT : Basse Tension

CD : Cercle à Droite

CG : Cercle à Gauche

DAO : Dessin Assisté par Ordinateur

Dh : Distance horizontale

Di : Distance inclinée

Dp : Distance suivant la pente

ε: Ecart type

EP : Eau Pluviale

ESPA : Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo

EU : Eau Usée

EV: Eau Vanne

FB : Filtre Bactérienne

FS: Fosse Septique

G : Gisement

GDOP: Geometric Dilution Of Precision

GPS: Global Positioning System

GRS80: Geodetic Reference System 1980

HA: Hauteur d'Appareil

HP: Hauteur de Prisme

HT: Haute Tension

IGAT : Information Géographique et Aménagement du Territoire

IGF: Information Géographique et Foncière

JIRAMA: JIro sy RAno Malagasy

LAR: Lecture en arrière

LAV: Lecture en avant

MADIMEX : Madagascar Import-Export

MNT: Modèle Numérique du Terrain

NA : Niveau Apparent

PV : Point Visé

PVC : Polychlorure de Vinyle

RINEX : Receiver INdependent Exchange

RN : Route Nationale

SCD : Sediment Concrete Dam

SG : Séparateur à Graisse

SKI: Static KInematic software

THT: Très Haute Tension

TMF II: Tailling Management Facility Phase II

V: Angle vertical

WGS84: World Geodetic System 1984

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Représentation de la fuite -----	10
Figure 2 : Fonctionnement de la station de pompage-----	10
Figure 3 : Coupe du barrage-----	13
Figure 10 : Point de Canevas-----	19
Figure 5 : Principe de l'ajustement de l'angle horizontal-----	21
Figure 6 : Principe de l'ajustement de l'angle vertical -----	22
Figure 7 : Transmission de gisement -----	26
Figure 8 : Transmission de gisement -----	26
Figure 9 : mesure de dénivelée -----	33
Figure 10 : Croquis du levé -----	37
Figure 11 : Superposition de 2 MNT (Terrain Naturel et Projet) en vue du calcul de la cubature -----	41
Figure 12 : Evacuateur tampon -----	46
Figure 13 : Profondeur du barrage -----	47
Figure 14 : Structure de la station de pompage-----	49
Figure 15 : Représentation de la fouille -----	50
Figure 16 : semelle isolée-----	51
Figure 17 : Représentation semelle filante-----	52
Figure 18 : Rayonnement-----	55
Figure 19 : Géométrie simplifiée d'un site d'un barrage -----	58
Figure 20 : Piquetage d'un bâtiment -----	64
Figure 21 : Chaise d'implantation-----	64
Figure 22 : Position des chaises d'implantation-----	65

LISTE DES CARTES

Carte 1 : Localisation de la Commune de Fanandrana (source INSTAT)-----	5
Carte 2 : Localisation de la zone d'étude (source MADIMEX) -----	6

LISTE DES PHOTOS

Photo 1 : Résultat de l'ajustement Automatique.....	22
Photo 2 : Construction du voile.....	51

LISTE DES PLANS

Plan 1 : Plan du terrain naturel.....	40
Plan 2 : Plan de la station de pompage.....	53
Plan 3 : Plan de terrassement.....	57
Plan 4 : Plan d'implantation du barrage.....	60
Plan 5 : Plan d'implantation de la fouille.....	63
Plan 6 : Plan d'implantation du bâtiment.....	66

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Liste des coordonnées -----	4
Tableau 2 : Température annuelle de la ville de Toamasina -----	8
Tableau 3 : Précipitation annuelle de la ville de Toamasina -----	8
Tableau 4 : Caractéristiques du point de canevas -----	19
Tableau 5 : Caractéristiques de l'appareil -----	20
Tableau 6 : Caractéristique du prisme -----	20
Tableau 7 : Coordonnées des points de départ -----	23
Tableau 8 : Liste des personnels et des matériels -----	23
Tableau 9 : observation de la polygonale de base -----	24
Tableau 10 : Calcul de gisement -----	25
Tableau 11 : Calcul des distances -----	30
Tableau 12 : Calcul des coordonnées altimétriques des points polygonaux -----	32
Tableau 13 : Calcul des coordonnées altimétriques des points polygonaux -----	34
Tableau 14 : Coordonnées altimétriques des points polygonaux -----	35
Tableau 15 : les personnels et les matériels -----	38
Tableau 16 : Résultat du calcul de cubatures -----	41
Tableau 17 : Débit de la fuite du grand bassin pendant dix jours -----	46
Tableau 18 : Pente de talus selon le type de terrain -----	61
Tableau 19 : Récapitulatif du coût des ressources humaines -----	68
Tableau 20 : récapitulatif du coût des matériels utilisés -----	69
Tableau 21 : Récapitulatif du devis estimatif du projet -----	69
Tableau 22 : Source et récepteur d'impact -----	71
Tableau 23 : Impacts sur le milieu humain -----	71
Tableau 24 : Impact sur le milieu physique -----	72
Tableau 25 : Impacts environnementaux et mesure d'atténuation -----	73

INTRODUCTION

Le projet Ambatovy est l'un des plus grands projets miniers et parmi les plus populaires à Madagascar. Cette industrie transforme la latérite rouge en brique de Nickel et de Cobalt. La latérite à Moramanga est transportée par un pipeline de l'usine de transformation à Toamasina. Des infrastructures sont nécessaires pour réaliser ce travail. Par conséquent, Ambatovy a effectué des investissements sur des infrastructures dans le domaine industriel et des infrastructures publiques. Aujourd'hui, elle réalise le « TAILING Management Facility Phase II » qui est le second lieu de traitement des eaux. Ce projet consiste à créer un grand bassin artificiel. Ce dernier est constitué par l'encerclement des montagnes liées entre elles par des barrages en terre. Mais au bout de quelques années le grand bassin présente des fuites d'eau surtout au niveau des parties remblayées ; or les fuites créent des flaques d'eau au voisinage de la route et constituent l'un des principaux ennemis de la route.

Le contrat de l'entreprise MADIMEX est de construire des barrages de récupération avec des stations de pompage pour pomper l'eau vers le grand bassin. La route va servir aux ravitaillements en matériaux et le transport des déchets de l'usine sinon à la moindre rupture, la production de l'usine s'arrêtera. C'est dans cette perspective que l'entreprise prend l'initiative de construire le barrage dans l'immédiat.

Notre étude se focalise sur la construction des barrages de récupération et des stations de pompage. D'où le choix du thème du mémoire intitulé : TRAVAUX TOPOGRAPHIQUES POUR LA CONSTRUCTION DE BARRAGE ET « PUMP HOUSE » SUR LE CHANTIER « TAILLINGS II » A TOAMASINA

L'étude est subdivisée en quatre grandes parties dont :

- La première partie traite des généralités des travaux ;
- La deuxième partie se focalise sur les études topographiques ;
- La troisième partie concerne l'étude des travaux d'infrastructure ;
- La quatrième partie présente l'évaluation financière et l'étude d'impact environnemental.

Partie I : GENERALITES DES TRAVAUX

I. Présentation des travaux

A l'issue du stage d'imprégnation que j'ai effectué au sein de l'entreprise MADIMEX pour une durée de six mois, j'ai eu l'opportunité de décrocher ce sujet de mémoire et d'acquérir de nouvelles expériences en matière topographique.

A. Présentation de l'entreprise

C'est une Entreprise créée par Monsieur GEORGET Alexandre en 1995. Cette Entreprise à une forme juridique d'une société individuelle. Elle est située à Mahazoarivo Antananarivo depuis sa création et jusqu'à maintenant.

Depuis sa création, elle assure l'exploitation des matières premières de la Société Holcim à Antsirabe. Et depuis 2014 elle est devenue l'un des sous-traitants sur la réalisation des projets d'Ambatovy.

Elle travaille sur différentes activités comme les travaux publics, la location des matériels de terrassement et la construction immobilière. Ce sont ses activités principales, mais elle s'occupe aussi des activités secondaires comme la menuiserie, la manutention, la peinture.

B. Présentation de l'étude

1. Contexte

Dans le cadre de la réalisation du projet Ambatovy « TMF II », l'entreprise assure l'entretien des routes qui desservent ce projet. Une analyse est faite pour accomplir cette tâche. Cette étude met en exergue le fait que la route qui se situe à proximité du pied du bassin a subi des éboulements due à la fuite du bassin. C'est ainsi que l'entreprise a envisagé de construire cinq barrages de récupérations et cinq stations de pompage (pump house) pour empêcher l'eau de faire des dégâts sur la route.

2. Objectifs

La construction de la PUMP HOUSE vise deux grands objectifs :

- Eviter la dégradation de la digue de la TMF ;
- Eviter l'éboulement causé par les flaques d'eau.

3. Méthodologie

Pour atteindre cet objectif, on fait l'étude de l'emplacement du barrage de récupération, suivi de son implantation. Puis après la construction de ce barrage, on étudie l'emplacement de la station de pompage par rapport au barrage de récupération et enfin son implantation.

Un levé topographique de la zone d'étude est très utile pour connaître les détails sur terrain avec leurs côtes respectives, puis on traite les données sous Autocad - Covadis pour avoir le modèle numérique du terrain et pour établir les plans de l'implantation.

4. Résultat attendu

Quand le projet sera fini, l'évacuation des eaux sera assurée sans aucun problème vers le grand bassin.

C. Localisation des travaux

1. Description des travaux

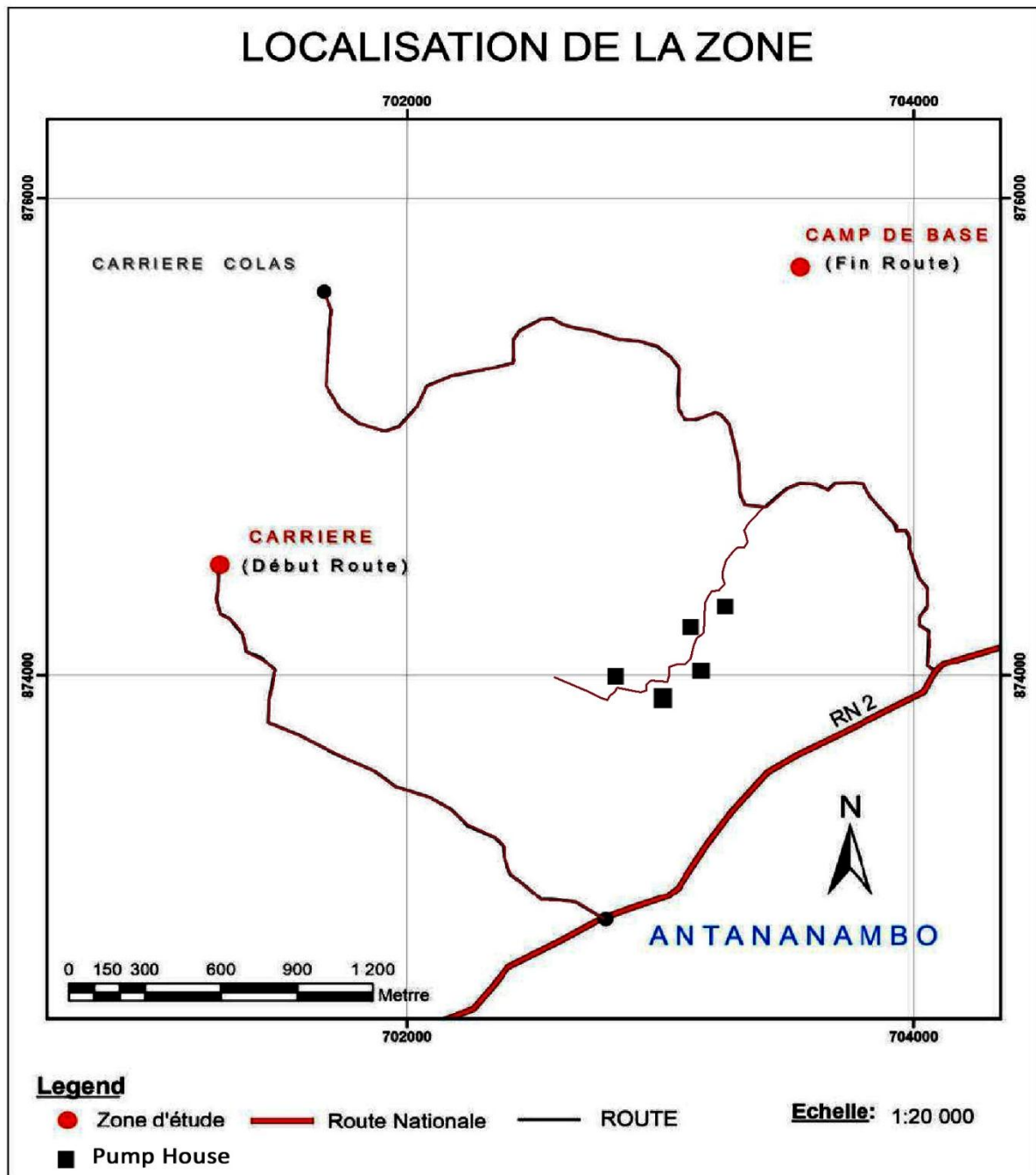
Le projet concerne la construction de cinq « PUMP HOUSE » qui se trouvent sur le chantier TMF II Ambatovy. Le projet se situe dans le village d'Antananambo qui est traversé par la route nationale RN2 à 18 km de la ville de Tamatave. Il se trouve à une latitude de 18°65'22''Sud et à une longitude de 45°11'50''Est.

Ce site (chantier TMF II Ambatovy) se situe dans la commune rurale de Fanandrana. Cette commune se trouve dans le district de Toamasina II, Région Atsinanana. Au Nord, elle est délimitée par la Commune Toamasina II, au Sud par la Commune d'Amboditandroho, à l'Est par la Commune d'Antenina et à l'Ouest par la Commune d'Ambodilazana.

Les coordonnées du point de départ et de celle de l'arrivée de la route qui mène sur le chantier sont données par le tableau ci-dessous :

Nom du site	X (m)	Y(m)
Pk0+000 : carrière Antananambo	701261	874465
Pk Fin : zone de stockage chantier	703550	875705

Tableau 1 : Liste des coordonnées



Carte 2 : Localisation de la zone d'étude (source MADIMEX)

D. Monographie de la zone

1. Historique de la commune

A l'origine, la zone a été couverte d'une forêt dense où dominait une plante appelée « Fanandrana ». A cet endroit, un fleuve se jette et arrosait le Sud-Ouest de la Commune d'où, son nom « Ambinanin'i Fanandrana » littéralement « embouchure du Fanandrana ».

2. Localisation

Le Chef-lieu de la Commune Fanandrana se trouve à 26 km de la ville de Toamasina et à 334 km de la capitale sur la RN2. La description de cette commune est décrite ci-après :

Région : Atsinanana
 District de : Toamasina II
 Commune rurale de : Fanandrana
 Surface : 20Ha 920a

3. Caractère physique

a. Relief

La commune, par sa situation géographique, se divise en deux zones bien distinctes :

- Zone littorale, composée de marais et de plaines alluvionnaires allant jusqu'à environ 900 Ha et de terrains de culture aménageables.
- Zone intermédiaire, composée de collines à faible pente, propices à la culture de riz pluvial et de culture en rente.

b. Réseau hydrographique

La zone bénéficiaire est située non loin du Canal de Pangalane. Elle est bien arrosée par les affluents du fleuve Fanandrana (Vorekigny, Ankadiranoka, Ambotsara,...).

En outre, la population de la commune peut profiter de l'existence de nombreux ruisseaux disséminés un peu partout et de point d'eau qui pourraient éventuellement être aménagés en bassins où les activités de pêche pourront être développées.

c. Situation météorologique de la zone

Le climat de la région s'avère typiquement chaud et humide toute l'année avec une pluviosité importante. Pour la température, on a pris comme référence les données prises à l'ASECNA entre l'année 2005 à 2010. Elles sont exprimées en degré Celsius (° C) et résumées dans le tableau ci-dessous :

	JANV	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL	AOÛT	SEPT	OCT	NOV	DÉC	Min	Moyenne	Max
2005	27,2	27,7	26,9	26	23,5	22,1	20,6	21,1	21,8	22,9	24,7	26,5	20,6	24,25	27,7
2006	26,4	26,4	26,7	25,4	24,3	22,3	21	21,4	21,7	23	25,4	26,5	21	24,21	26,7
2007	26,7	27,3	26,8	25	23,9	21,6	21,1	21,3	22	22	24,9	26,4	21,1	24,08	27,3
2008	27	26,3	25,6	25,6	23	21,4	20,9	21,1	22,7	22,7	25,7	26,8	20,9	24,07	27
2009	26,6	26,6	26,8	25	24,4	21,6	20,9	21,6	23,1	23,1	24,6	26,7	20,9	24,25	26,8
2010	27,1	27,3	26,8	25,9	25,1	23	21,8	21,6	22,9	24,4	24,4	26,8	21,6	24,76	27,3
													20,6	24,27	27,7

Source : ASECNA Toamasina

Tableau 2 : Température annuelle de la ville de Toamasina

En climatologie, la pluviométrie est l'étude du volume, des caractéristiques et de la répartition des précipitations sur la surface du globe terrestre. Elle est considérée comme une information sur la répartition des pluies et les caractéristiques des précipitations d'une région donnée, c'est-à-dire la mesure de la quantité de pluie qui tombe en un lieu pendant un temps déterminé.

On va prendre comme référence la pluviométrie de Toamasina entre l'année 2005 à 2010 pour ce projet. Elles sont exprimées en millimètre (mm) et résumées dans le tableau ci-dessous :

	JANV	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL	AOÛT	SEPT	OCT	NOV	DÉC	Min	Moyenne	Max
2005	306	308	326	113	634	544	360	218	223	190	192	218	113	302,67	634
2006	596	682	753	163	155	500	389	171	109	181	322	465	109	373,83	753
2007	835	590	386	469	260	245	337	293	240	168	68	32	32	326,92	835
2008	267	694	438	172	126	237	300	125	83	184	165	157	83	245,67	694
2009	754	558	449	681	146	113	239	316	231	243	246	267	113	353,58	754
2010	759	420	629	250	169	269	404	269	34	27	128	67	27	285,42	759
													27	314,68	835

Source : ASECNA Toamasina

Tableau 3 : Précipitation annuelle de la ville de Toamasina

Les hauteurs moyennes de précipitations annuelles sont respectivement 287,65mm. Les maximas peuvent atteindre 1000mm et se situent toujours au mois de Janvier ou Février tandis que les minimas sont toujours enregistrés en Juin au mois d'Octobre avec 35mm environ.

d. Sol

Sur le plan physique, on peut distinguer deux types de sols :

- Zone littorale où les sols sont généralement sablonneux ;
- Zone intermédiaire où l'on rencontre souvent des zones latéritiques, jaunes et rouges

II. Généralités sur la « pump house »

A. Définition

Une station de pompage ou « pump house » est une station servant à pomper l'eau.

Elle est utilisée en assainissement dans plusieurs domaines de l'industrie et beaucoup plus en hydraulique (alimentation en eau potable, irrigation ...).

Le présent travail repose pour l'essentiel, sur l'usage hydraulique des stations de pompage. Une extension pourra être faite pour intégrer l'assainissement.

B. Méthode

La démarche d'établissement d'un projet de stations de pompage est partiellement intuitive, partiellement déductive.

L'impact de l'une ou de l'autre partie de la démarche dépend de l'expérience et de l'esprit de synthèse du projeteur. Toutefois les deux parties sont indispensables.

La démarche adoptée ici consiste à définir progressivement chaque élément du projet à partir d'une étude détaillée des contraintes et en utilisant des connaissances résultant de l'expérience. Cette démarche revient donc à découper le projet en un ensemble de sous-projets et de procéder à l'étude de chaque sous-projet.

La méthode est la suivante :

- Tracer les grandes lignes du projet par une définition des dispositions générales du projet ;
- Choisir la pompe qui répond au besoin défini précédemment : étude du fonctionnement de la pompe ;
- Enfin, prendre les dispositions particulières liées aux contraintes de fonctionnement de la station de pompage.

Nous allons maintenant expliciter la démarche exposée précédemment.

1. Les grandes lignes du projet

Le travail dans la première phase du projet constitue à situer le contexte du projet par :

- Une définition du caractère général de la réalisation ;
- Une définition du service attendu ;
- La prise en compte des contraintes de site

C. Fonction

Des fuites d'eau se présentent sur le grand bassin qui entraîne des flaques d'eau. Alors, il faut construire un barrage de récupération pour éviter des dégradations sur la route.

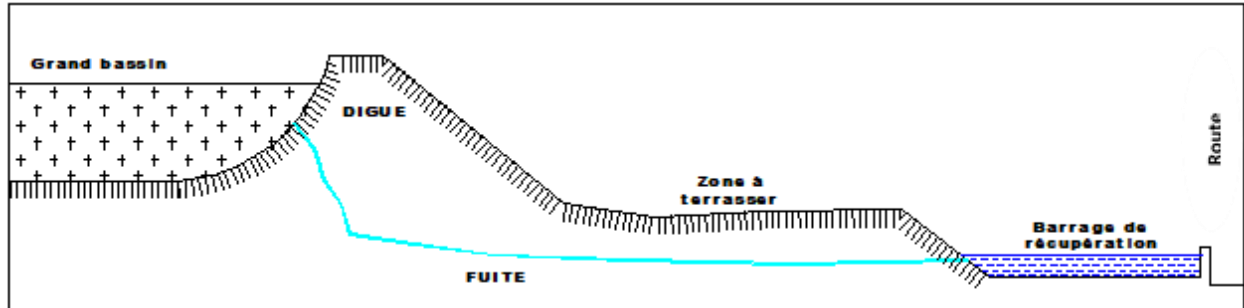


Figure 1 : Représentation de la fuite

Pour éviter que l'eau ne déborde pas dans le barrage de récupération, on construit une station de pompage qui contient un puits de profondeur 6m au maximum. Ce puits doit être à une altitude inférieure par rapport au fond du barrage pour qu'elle soit remplie d'eau par force gravitaire. Et puis la station de pompage renvoie l'eau, par pipe, au refoulement

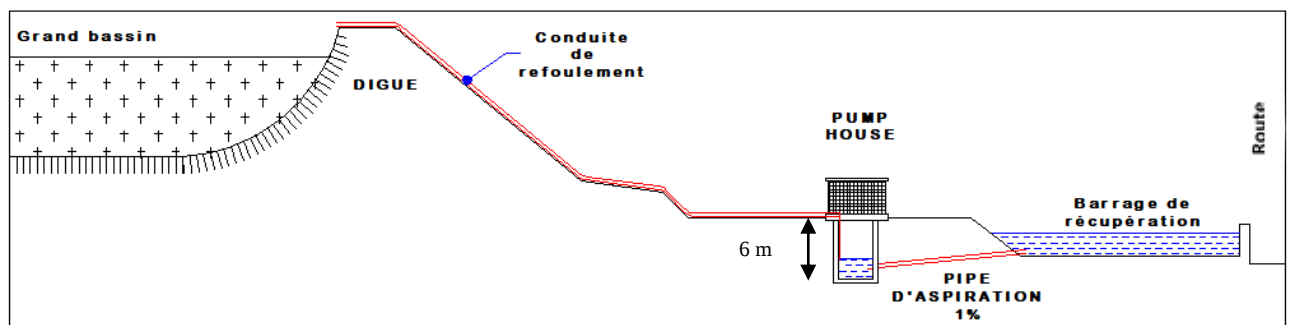


Figure 2 : Fonctionnement de la station de pompage

D. But

Le but est de vider l'eau dans le barrage pour qu'il ne déborde pas. En connaissant que l'eau est l'une des causes de dégradations de la route.

Les données de base

Pour ce type de disposition, on a besoin des données de base suivant :

- ✓ Données topographiques

- Profil en long de la conduite de refoulement
- Côtes du plan d'eau à l'aspiration et au refoulement
- Côtes d'implantation des pompes
- Côte d'un éventuel point haut sur le profil en long de la conduite de refoulement

✓ Circuit hydraulique

Nature, longueur et diamètre des conduites d'aspirations et de refoulement

✓ Environnement général

- Altitude moyenne : une zone à basse altitude et pas proche du niveau de la mer.
- Source d'énergie possible pour le chantier (énergie électrique)

Les contraintes de sites

La station doit être située en tenant compte de la nature de la ressource en eau et notamment du niveau des plus hautes ou basses eaux.

III. Généralités sur le barrage de récupération

A. Définition et Généralités [1]

Les barrages sont des dispositifs installés dans la vallée d'une rivière permettant de retenir un certain volume d'eau en faisant obstacle à l'écoulement de l'eau de la rivière. Ils existent deux grandes famille de barrages ; ceux construits en béton et ceux construits en terre ou en enrochement. Seuls ces derniers barrages, appelées aussi barrage en remblais, sont décrits dans cette fiche, le barrage en béton était moins répandu et concernait surtout les retenues de très grande capacité.

Les barrages en remblais sont constitués d'un matériau meuble, qu'il soit très fin (argile) ou très grossier (enrochement). Cette famille regroupe cependant plusieurs catégories. Les différences proviennent des types de matériaux utilisés, et de la méthode employée pour assurer l'étanchéité.

-le barrage homogène est un barrage en remblai construit avec un matériau suffisamment étanche (argile, limon) c'est la technique la plus ancienne des barrages en remblai.

-le barrage à noyau argileux comporte un noyau central en argile (qui assure l'étanchéité), épaulé par des recharges constituées de matériaux plus perméables. Cette technique possède au moins deux avantages sur le barrage homogène.

Les matériaux de recharge sont plus résistants que les matériaux argileux ; on peut donc construire des talus plus raides et on contrôle mieux les écoulements qui percolent dans le corps du barrage.

-les barrages à masque amont ont leur étanchéité assurée par un « masque », construit sur le parement amont du barrage. Ce masque peut être en béton armé, en béton bitumeux, ou constitué d'une membrane mince (les plus fréquentes : membranes PVC, membrane bitumineuse)

B. Phase de l'étude d'implantation

On repère l'axe avec des bornes en béton installées à chaque extrémité. Ces bornes serviront de repères pendant les travaux et ne doivent pas être déplacés. Dans l'alignement des repères, on plante des piquets à intervalles réguliers. Sur la base de ce relevé, on peut déterminer la hauteur des remblais en chaque point et la largeur de la digue à la base et le volume des remblais.

C. Mise en place d'un batardeau

Le batardeau est un barrage provisoire construit à l'amont du site pour protéger la zone des travaux contre les inondations. Si les travaux se réalisent entièrement pendant une saison sèche, le batardeau n'est pas nécessaire. L'eau stockée par le batardeau peut être utilisée pour les travaux (compactage) et éventuellement le gâchage du béton.

D. Préparations des fondations

Pour les fondations rocheuses, la surface de contact entre la roche et le remblai doit être aussi imperméable que le reste des remblais ; il faut éviter les surfaces lisses et les fissures non colmatées. La terre végétale et le rocher altéré doivent être enlevés à la pelle, à la pioche ou à la barre à mine et évacués hors du chantier. Pour les fondations meubles, l'axe de la digue est décapé jusqu'à l'obtention d'une surface propre dépourvue de matières végétales. Si les fondations sont perméables, un écran d'étanchéité est réalisé jusqu'au rocher (ou jusqu'au sol imperméable)

E. Construction des ouvrages [3]

Avant l'implantation, on a mis en place un batardeau pour retenir l'eau pendant la construction.

Puis, on implante les points importants à la construction.

Ensuite, on fait le décapage du sol humide pour atteindre une surface de sol très stable, et on le remplace par une couche de sol suivi d'un compactage. Le compactage se fait à l'aide d'engins de compactage. L'épaisseur des couches et le nombre de passes de l'engin sont déterminés par une planche d'essais réalisée sur le chantier.

Les matériaux sont transportés, déposés sur une surface proche de la construction et on procède à la mise en place du coffrage et du ferrailage, et après c'est on coule le béton.

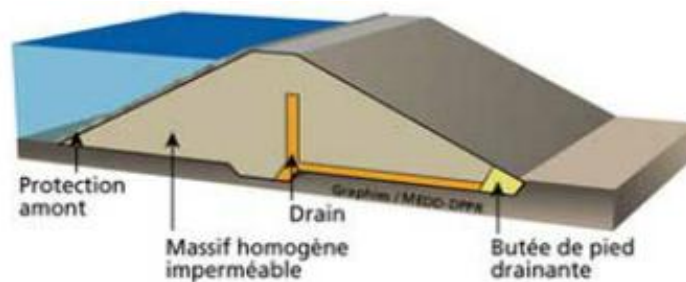


Figure 3 : Coupe du barrage

F. Calcul du volume de stockage

Le volume de la retenue convient à évaluer les apports (volume d'eau s'écoulant dans le cours d'eau) ainsi que les pertes en eaux.

Les apports dépendent de plusieurs facteurs :

- le bassin versant : sa surface, sa forme, la végétation, le type du sol
- la pluviométrie : quantité annuelle, fréquence, intensité et durée des pluies.

Les pertes sont dues à :

- l'infiltration à travers la fondation du barrage, elle peut être importante dans les sols perméables.
- l'infiltration à travers la digue, le long du bajoyer et des ouvrages enterrés : elle peut être négligée si le barrage est bien construit.

RAMANANJATO Fanomezana

-l'envasement de la retenue par les sédiments apportés par les eaux : il peut être important et rapide si le bassin versant est soumis à une érosion importante.

La capacité de la retenue est déterminée à partir des courbes de niveau tracées à partir des relevés topographiques préliminaires.

G. Objet d'une étude de barrage

Le barrage de récupération a pour objet de retenir l'eau pour avoir un volume important avant de pomper l'eau dans la station de pompage jusqu'au refoulement.

✚ Les travaux consistent généralement à :

- Aménager le terrain brut ;
- Implantation des éléments ;
- Construction ;
- Finition et vérification des cotes

✚ Les résultats attendus sont :

- La conception du barrage et des matériaux à mettre en œuvre ;
- La conception de la station de pompage ;
- L'estimation du montant prévisionnel du projet

✚ Les facteurs influents :

Le coût, la qualité et le délai de réalisation d'un projet sont définis après son étude.

Cette analyse conduit à étudier :

Les exigences et les moyens du maître d'ouvrage

- Le besoin du maître d'ouvrage ;
- Le budget attribué au projet ;

Les données naturelles du site

- La topographie du terrain dont dépend le procédé de l'écoulement des eaux
- La pluviométrie de la région influant sur la conception et le coût du projet ;
- Le régime des nappes souterraines ;
- La géologie qui définit les caractéristiques du sol

Les données propres au site

- Les problèmes d'exploitation pour que les ouvrages réalisés puissent être entretenus et exploités facilement ;

- Les nuisances provoquées par les réseaux (odeurs, huiles lourdes et autres déchets flottants qui se dégagent au niveau des ouvrages) ;
- Les règlements régissant la zone d'étude

Partie II : ETUDES TOPOGRAPHIQUES

On va parler, dans la deuxième partie de cette étude, des différents types des travaux à faire pour avoir un plan topographique du site à étudier, puis pour avoir un plan d'implantation du projet.

Plan topographique : C'est une description du terrain comportant des courbes de niveau, des points d'altitude et des talus. Il résulte d'un levé de terrain ou d'une restitution photogrammétrique basée sur des photos aériennes. Il se présente sous la forme d'un plan graphique (papier) ou d'un fichier numérique appelé Modèle Numérique de Terrain (MNT).

Plan l'implantation : c'est un plan qui donne toutes les indications, la position de repérage de chaque élément à implanter. La plupart des plans d'implantation sont constitués de droites, de courbes et de point isolés.

I. Etude de l'emplacement du projet

A. Etude de l'emplacement du barrage

Les principaux facteurs intervenant dans le choix d'un site de construction d'un barrage sont les suivants :

- les réservoirs doivent être construits sur des sites qui peuvent correspondre à un ratio profondeur surface de captage relativement élevé afin de minimiser les pertes par évaporation ;

- les surfaces du sol ne doivent pas avoir de fissures qui pourraient entraîner la fuite de l'eau vers des zones plus profondes ou au-dessous du barrage ;

- la localisation doit être convenable pour les groupes d'utilisateurs ;

- l'inexistence de risque d'érosion dans la zone de captage

Le meilleur emplacement est un endroit où la vallée se rétrécit. En amont du rétrécissement, la vallée doit être plus évasée et de faible pente pour permettre d'emmagasinier le plus grand volume. La digue est ainsi plus petite et donc moins coûteuse. En raison du risque de rupture du barrage et des conséquences catastrophiques que cela pourrait entraîner, des études préalables sérieuses doivent obligatoirement être menées de façon complète et rigoureuse. Ces études concernent la topographie, la géologie, la géotechnique, l'hydrologie et l'impact sur l'environnement.

B. Pour l'emplacement de la station de pompage

Dans notre cas, on a choisi la disposition Tour pour avoir des débits important et aussi pour assurer des conditions de sécurité pendant le fonctionnement.

Pour le puits, il doit être éloigné du barrage pour éviter l'éboulement. Sa profondeur qui varie selon l'altitude du fond de barrage de récupération, doit être minimisée pour le risque d'éboulement et pour réduire le coût du projet.

C. Pour le terrassement

Il doit être bien compacté et on évite la surface qui contient beaucoup de remblai pour travailler sur les sols naturellement compactés. Pour l'éviter on doit bien profiler les remblais.

II. Travaux topographiques

A. Travaux de préparation

Pour que l'étude soit parfaite, il faut bien préparer les travaux à faire. Les travaux de préparation constituent la première étape d'un levé topographique, ils permettent de rassembler tous les documents utiles tels que : cartes, orthophoto, historique de la zone étude, etc. Elle nous permet aussi de connaître approximativement la superficie de la zone, la méthodologie de levé, les appareils avec les accessoires et les matériels utilisés, le nombre des personnes utiles, la durée et le coût du levé, c'est la pré-reconnaissance.

B. Travaux sur terrain

Il y a deux choses différentes concernant la descente sur terrain, l'une est la reconnaissance et l'autre, l'opération de levé.

1. La Reconnaissance

C'est une descente sur terrain pour étudier l'état de la zone d'étude.

Comme dans la plupart des travaux topographiques, la reconnaissance est indispensable pour connaître la limite du terrain et les détails à lever. C'est pendant la reconnaissance qu'on a étudié l'emplacement des points polygonaux et les stations pour le levé de détails.

2. Mise en place des points polygonaux et de station

Les points polygonaux et de station doivent remplir les conditions suivantes :

- ✓ L'obtention de maximum de points pour minimiser le nombre de stations
- ✓ L'intervisibilité entre deux stations successives au moins
- ✓ La distance entre stations doit être à peu près égale

Les points de canevas sont matérialisés en béton non armé de forme parallélépipédique dont les caractéristiques sont les suivantes :

Désignation	Dimension
Hauteur de la borne	40 cm
Côte de la base	30 cm
Fer Ø8 avec dépassement 2cm du cadre	50 cm

Tableau 4 : Caractéristiques du point de canevas

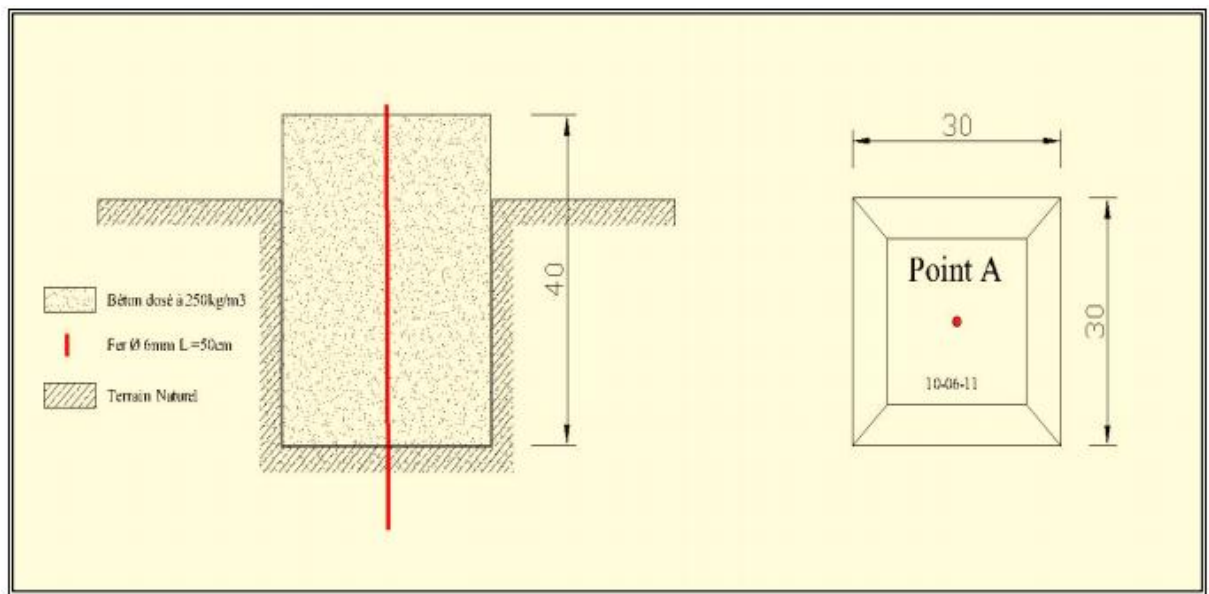


Figure 4 : Point de Canevas

3. Les appareils utilisés

L'appareil utilisé est un Leica TCR 1205+ (station totale) qui est très sophistiqué car des programmes topographiques sont intégrés intérieurement. Cet appareil peut être relié à un GPS bifréquence et faire deux levés en même temps. Les avantages sont de :

- Faire un levé avec un prisme
- Corriger automatiquement l'erreur de l'appareil ;
- Robotiser l'implantation ;
- Faire un dessin au cours du levé ;
- Calculer le volume et la surface du terrain ;
- Traiter les données du relèvement et de l'intersection au tour d'horizon

Appareil : Leica TCR 1205+	Caractéristiques	
	lunette	Grossissement : 30x
		Ouverture objectif : 40mm
		Champ visuel : 1.66gon/2.7m à 100m
	Plomb laser	Précision de centrage 1.5mm
		Diamètre du point laser 2.5mm
	stockage	Mémoire interne 256MB
		Mémoire externe 256MB
		Nombre d'enregistrement 1750/Mo
	Ecart type Hz V : 5 (1.5mgon)	
	Précision de calage : 1.5 (0.5mgon)	
	Portée max : 3000m	
	Plus courte distance : 1.5m	
	Précision distance : 1mm+1.5ppm	

Tableau 5 : Caractéristiques de l'appareil

prisme	carracteristique
	Prisme circulaire 360° de 00mm
	Hauteur
	• Hauteur min=155m • Hauteur max= 350m
	Avec une trépied fixateur

Tableau 6 : Caractéristique du prisme

4. Etalonnage [7] [8]

a. Généralités

La précision fait partie de l'une des bases du travail topographique. Il est recommandé d'étalonner l'appareil pour connaître son écart type réel même s'il y a déjà de valeur de l'écart type par défaut indiqué. Durant le processus de fabrication, la détermination des erreurs instrumentales est faite avec soin. Ainsi, l'étalonnage de l'appareil doit se faire :

- Avant la première utilisation
- Avant toute mesure de haute précision
- Après des transports longs et rudes
- Après de longues périodes de travail et de stockage.

Pour cet appareil, le constructeur informe que les erreurs instrumentales peuvent être contrôlées et ajustées électroniquement. Ces erreurs sont citées ci- dessous :

- Erreurs d'index longitudinal l et transversal t du compensateur
- Erreur d'index du cercle vertical liée à l'axe principal est i
- Erreur de collimation $H_z = c$ qui est également appelée erreur de tourillonnement
- Erreur du point zéro pour les angles horizontaux H_z et verticaux V

Tandis que les erreurs des instruments suivants peuvent être réglées mécaniquement par le laboratoire : la nivelle sphérique, le faisceau laser rouge utilisé pour la distance sans réflexion, le plomb laser, le plomb optique et les vis du trépied.

b. Ajustement et contrôle

Pour la station totale 1205+, il existe un ajustement automatique sur l'option de l'appareil qui permet d'éliminer, de corriger et de connaître les erreurs. L'ajustement des accessoires (trépied-prisme) se fait manuellement c'est-à-dire qu'on doit bien serrer les boulons. Pour les nivelles, les bulles doivent être calées sur le tableau électronique de l'appareil. Le plomb laser est ajusté par le laboratoire du constructeur.

La méthode de contrôle et de l'ajustement de l'observation suit l'indication suivante : pointez la lunette avec une précision sur une cible environ de 100 m de distance. Cette cible doit être située dans une plage de $\pm 9^\circ$ ou ± 10 grades par rapport au plan horizontal. La procédure peut démarrer dans n'importe quelle position de lunette. Ensuite, on tourne l'appareil à 200 grades et on vise de nouveau la cible.

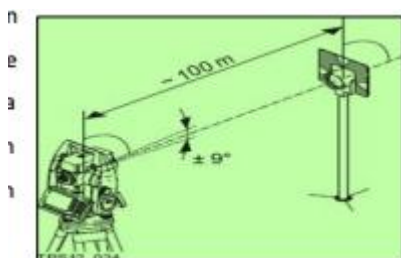


Figure 5 : Principe de l'ajustement de l'angle horizontal

Pointez la lunette avec précision sur une cible distante d'environ 100 m (ou moins si c'est impossible). La cible doit être située au moins 27° ou 30 grades au-dessous ou au-dessus du plan horizontal. La procédure peut démarrer dans n'importe quelle position de la lunette. On tourne l'appareil à 200 grades et on vise de nouveau la cible.

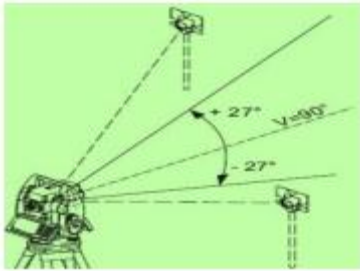


Figure 6 : Principe de l'ajustement de l'angle vertical

Une fois ces opérations terminées, l'erreur s'affiche automatiquement sur l'écran.

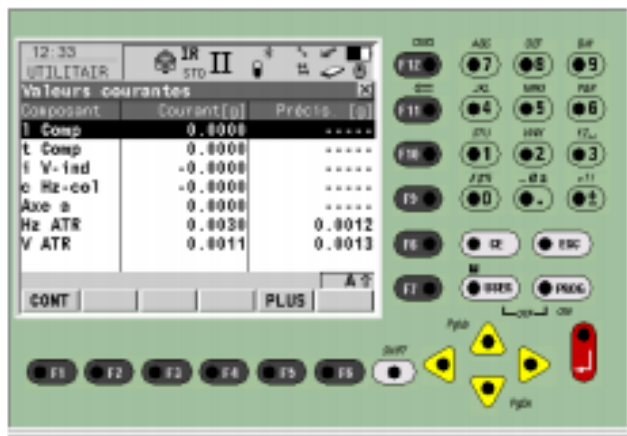


Photo 1 : Résultat de l'ajustement Automatique

❖ Polygonation

La polygonation est l'ensemble des opérations qui consistent à mesurer et à calculer les coordonnées planimétriques. Sa précision doit être maximale et indépendante de l'échelle du lever à exécuter. Pour ce projet, le cheminement est encadré. Un canevas principal de base a été mis en place pendant la réalisation de la route menant le chantier TMF II. Un point de base et un point de référence sont les points d'appui de la polygonation et un point pour la fermeture.

Pts	X	Y	Z
A	321425.543	7987244.901	16.123
B	321377.160	7987261.691	15.800
C	322045.200	7988617.870	16.100

Tableau 7 : Coordonnées des points de départ

c. Moyen personnel et matériel :

Ressources	Nombres	Observations
Chef de brigade	01	Premier responsable des travaux topographiques
Secrétaire	01	Recueil des mesures effectuées
Opérateur	01	Manipulation de l'appareil
Manœuvre	03	Porte prisme, décapage, aide
Station Totale	01	<u>Type</u> : Leica 1205+ <u>Fonction</u> : Acquisition des données <u>Précision</u> : une lecture d'angle en déci-milligrade en mesure de distance de l'ordre de 3mm+3ppm <u>Accessoires</u> : 1 embase, 3 trépieds en bois, 2 prismes
Voiture 4×4	01	Assiste la brigade topo dans le transport des matériels

Tableau 8 : Liste des personnels et des matériels

d. Mesure d'angle

La méthode adoptée est le tour d'horizon pour mesurer les angles horizontaux et verticaux. Lors de l'observation de l'angle horizontal, il faut viser le point le plus bas du prisme pour diminuer l'erreur de lecture due au non verticalité du prisme. Ensuite on vise le prisme pour déterminer l'angle vertical.

e. Mesure de distance

L'appareil donne la distance suivant la pente entre l'instrument et le point mesuré. La représentation de la terre ressemble à un ellipsoïde. La distance obtenue sur le terrain ne peut pas être utilisée directement dans le calcul pour la projection Laborde. Donc il faut faire des corrections de projection à la page 31.

Le tableau ci-dessous montre l'observation polygonale :

Stations S	Points visés PV	Hauteur appareil HA(m)	Hauteur prisme HP(m)	Angles horizontaux Hz (gr)	Angles verticaux V(gr)	Distances pentes Dp (m)
A	B(Référence)	1,45	1,75	0,0000	101,2135	51,213
	S1			217,7781	100,6895	52,984
S1	A	1,475	1,75	0,0000	99,2345	52,984
	S2			147,7769	100,3698	116,917
S2	S1	1,5	1,75	0,0000	101,2354	116,917
	S3			114,4344	100,5645	102,725
S3	S2	1,46	1,75	0,0000	102,3487	102,725
	S4			182,2522	103,4568	129,149
S4	S3	1,55	1,75	0,0000	100,4789	129,149
	S5			273,334	99,5674	260,544
S5	S4	1,41	1,75	0,0000	101,3211	260,544
	S6			255,5549	100,2121	167,924
S6	S5	1,51	1,75	0,0000	100,0231	167,924
	S7			121,1211	99,9856	289,024
S7	S6	1,47	1,75	0,0000	101,2311	289,024
	S8			192,2122	98,2245	197,09
S8	S7	1,45	1,75	0,0000	100,5786	197,09
	S9			203,2322	100,8964	187,371
S9	S8	1,52	1,75	0,0000	99,3465	187,371
	S10			212,3234	98,2413	267,735
S10	S9	1,5	1,75	0,0000	99,4567	267,735
	S11			165,5549	97,3245	169,762
S11	S10	1,45	1,75	0,0000	101,3546	169,762
	S12			194,4511	103,6789	82,371
S12	S11	1,42	1,75	0,0000	102,5465	82,371
	S13			196,7656	100,7889	57,234
S13	S12	1,465	1,75	0,0000	102,3478	57,234
	S14			195,4565	103,2141	108,689
S14	S13	1,45	1,75	0,0000	97,3621	108,689
	S15			173,2156	100,7896	55,977
S15	S14	1,5	1,75	0,0000	101,2547	55,977
	S16			208,7834	98,7856	57,521
S16	S15	1,48	1,75	0,0000	100,4500	57,521
	S17			205,6541	100,4579	79,759
S17	S16	1,52	1,75	0,0000	103,4565	79,759
	S18			130,0899	101,4578	178,687
S18	S17	1,51	1,75	0,0000	103,5789	178,687
	S19			247,6978	98,5644	88,566
S19	S18	1,48	1,75	0,0000	103,4575	88,566
	C			250,0998	98,3212	86,644

Tableau 9 : observation de la polygonale de base

5. Calcul de la polygonation [7] [8]

➤ Calcul Angulaire

L'angle au sommet de la polygonation est obtenu par la différence entre les lectures.
Dans le cas pratique, c'est la lecture à droite moins la lecture à gauche.

➤ Calcul de gisement

Le gisement d'une direction est l'angle horizontal mesuré positivement dans le sens horaire en commençant par l'axe des ordonnées du système de projection.

A partir des coordonnées connus, le gisement se calcule de la manière suivante

$$G_{BA} = G_{AB} + 200\text{gr} \text{ (à } 400\text{gr près)}$$

A (X_A ; Y_A) et B (X_B ; Y_B)

$$\Delta x = X_B - X_A \text{ et } \Delta y = Y_B - Y_A$$

$$\tan g = \frac{\Delta x}{\Delta y}$$

$$g = \arctan \frac{\Delta x}{\Delta y}$$

Angle	Q I ($0 \leq \theta \leq 100\text{gr}$)	Q II ($100 \leq \theta \leq 200\text{gr}$)	Q III ($200 \leq \theta \leq 300\text{gr}$)	Q IV ($300 \leq \theta \leq 400\text{gr}$)
Δx	+	+	-	-
Δy	+	-	-	+
formule	$g = G_{AB}$	$G_{AB} = 200 - g$	$G_{AB} = g + 200$	$G_{AB} = 400 - g$

Tableau 10 : Calcul de gisement

6. Transmission du gisement

Le but est de déterminer le gisement de tous les points.

Ce calcul consiste à déterminer les gisements de tous les côtés du parcours à partir du gisement de la direction de référence et des angles mesurés aux sommets. Au sommet j et à partir de l'angle de gauche, on peut écrire :

$$G_{jk} = G_{ij} + H_{gj} + 200$$

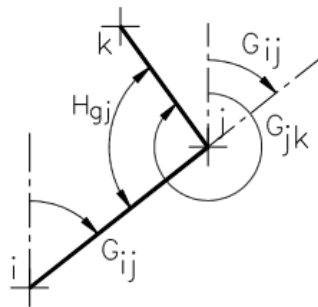


Figure 7 : Transmission de gisement

Si l'on considère la figure 14 la formule devient :

$$G_{jk} = G_{ij} + H_{gj} - 200$$

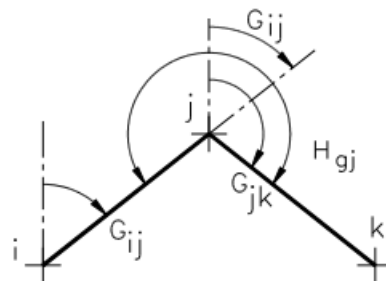


Figure 8 : Transmission de gisement

Dans la pratique, on utilise l'une ou l'autre des formules et on ajoute 400 gon à tout résultat négatif, ou on retranche 400 gon à tout résultat supérieur à 400 gon. La formule générale est donc :

$$G_{jk} = G_{ij} + H_{gj} \pm 200$$

Les gisements G et les angles H sont exprimés en gon. Notez qu'ajouter ou retrancher 200 gon à un gisement revient à faire « demi-tour » donc le résultat est le même

La fermeture de gisement d'un cheminement encadré est la différence entre le gisement calculé et le gisement observé.

$$Fa = G_{\text{Calcul}} - G_{\text{observé}}$$

Pour que la compensation soit valable, la fermeture angulaire doit être inférieure à la tolérance angulaire.

$$C = \frac{Ca}{n}$$

C : correction

Ca = - Fa : fermeture de gisement

n : nombre de sommet de la polygonale

7. Calcul de distance

La station totale 1205+ donne directement la distance horizontale. Les distances obtenues ne sont pas utilisables au calcul pour la projection Laborde. Il faut les corriger et les ramener selon les étapes suivantes :

- Distance horizontales Dh : La distance suivant la pente doit être transformée en distance horizontale par la formule suivante :

$$Dh = Dp \sin V$$

Réduction au niveau zéro ou correction au niveau de l'ellipsoïde : La distance sur l'ellipsoïde est la distance horizontale ramenée au niveau de l'ellipsoïde.

$$D_0 = \frac{Dh \times R}{R + H}$$

Avec D₀ : distance sur l'ellipsoïde (m) ;

Dh : Distance horizontale (m) ;

R : rayon de la terre (km) ;

H : altitude moyenne (km)

- Correction à la projection : Suite à la correction de la distance sur l'ellipsoïde, il faut appliquer la correction à la projection

$$D_{pr} = D_o \times K$$

R= 64000km

H=0.0492m

D_{pr} : distance sur la projection ;

K : coefficient de réduction d'échelle

Le coefficient de réduction d'échelle ne peut pas être calculé directement, par contre il faut calculer le coefficient η afin de déduire la valeur de K_0

$$\eta = (X_v - X_0)\cos 21gr - (Y_v - Y_0)\sin 21gr$$

Avec $X_0 = 400\,000\text{m}$ et $Y_0 = 800\,000\text{m}$

Et (X_v, Y_v) coordonnées du point

❖ Application

$$A = (321377,160 - 400\,000) \cos 21 \text{ gr} - (7987261,691 - 800\,000) \sin 21 \text{ gr} = 262871.917\text{m}$$

$$C = (322138,712 - 400\,000) \cos 21 \text{ gr} - (7989188,463 - 800\,000) \sin 21 \text{ gr} = 258427.76\text{m}$$

$$\eta = \frac{\eta_A + \eta_C}{2}$$

$$\eta = 260649.842 \text{ m}$$

❖ Interpolation

Comme notre valeur de K ne correspond pas à une valeur précise (côte ronde) alors on est obligé d'interpoler pour avoir le résultat.

On note :

Δk : la différence de K_{260} et K_{270}

N : l'intervalle η_{260} et η_{270}

N_i : l'intervalle η_{270} et η_i

$$K = K_{270} - \frac{\Delta k \times Ni}{N}$$

$$K = 1.000400$$

Voici les détails des calculs des distances :

S	PV	HA(m)	HP(m)	Hz (gr)	V (gr)	sin V	Dp(m)	Dh (m)	D ₀ (m)	D _{pr} (m)
A	B (Réf)	1,45	1,75	0,0000	101,2135	0,999800	51,213	51,203	51,203	51,223
	S1			217,778	100,6895	0,999900	52,984	52,979	52,979	53,000
S1	A	1,475	1,75	0,0000	99,2345	0,999927	52,984	52,980	52,980	53,001
	S2			147,777	100,3698	0,999983	116,92	116,915	116,915	116,962
S2	S1	1,5	1,75	0,0000	101,2354	0,999812	116,92	116,895	116,895	116,942
	S3			114,434	100,5645	0,999961	102,73	102,721	102,721	102,762
S3	S2	1,46	1,75	0,0000	102,3487	0,999319	102,73	102,655	102,655	102,696
	S4			182,252	103,4568	0,998526	129,15	128,959	128,959	129,010
S4	S3	1,55	1,75	0,0000	100,4789	0,999971	129,15	129,145	129,145	129,197
	S5			273,334	99,5674	0,999977	260,54	260,538	260,538	260,642
S5	S4	1,41	1,75	0,0000	101,3211	0,999784	260,54	260,488	260,488	260,592
	S6			255,555	100,2121	0,999994	167,92	167,923	167,923	167,990
S6	S5	1,51	1,75	0,0000	100,0231	0,999999	167,92	167,924	167,924	167,991
	S7			121,121	99,9856	0,999999	289,02	289,024	289,023	289,139
S7	S6	1,47	1,75	0,0000	101,2311	0,999813	289,02	288,970	288,970	289,085
	S8			192,212	98,2245	0,999611	197,09	197,013	197,013	197,092
S8	S7	1,45	1,75	0,0000	100,5786	0,999958	197,09	197,082	197,082	197,160
	S9			203,232	100,8964	0,999901	187,37	187,352	187,352	187,427
S9	S8	1,52	1,75	0,0000	99,3465	0,999947	187,37	187,361	187,361	187,436
	S10			212,323	98,2413	0,999618	267,74	267,633	267,633	267,740
S10	S9	1,5	1,75	0,0000	99,4567	0,999963	267,74	267,725	267,725	267,832
	S11			165,555	97,3245	0,999117	169,76	169,612	169,612	169,680
S11	S10	1,45	1,75	0,0000	101,3546	0,999773	169,76	169,723	169,723	169,791
	S12			194,451	103,6789	0,998331	82,371	82,234	82,233	82,266
S12	S11	1,42	1,75	0,0000	102,5465	0,999200	82,371	82,305	82,305	82,338
	S13			196,766	100,7889	0,999923	57,234	57,230	57,230	57,252
S13	S12	1,465	1,75	0,0000	102,3478	0,999320	57,234	57,195	57,195	57,218
	S14			195,457	103,2141	0,998726	108,69	108,551	108,550	108,594
S14	S13	1,45	1,75	0,0000	97,3621	0,999144	108,69	108,596	108,596	108,639
	S15			173,216	100,7896	0,999923	55,977	55,973	55,973	55,995
S15	S14	1,5	1,75	0,0000	101,2547	0,999805	55,977	55,966	55,966	55,988
	S16			208,783	98,7856	0,999818	57,521	57,511	57,510	57,533
S16	S15	1,48	1,75	0,0000	100,4500	0,999975	57,521	57,520	57,520	57,543
	S17			205,654	100,4579	0,999974	79,759	79,757	79,757	79,789
S17	S16	1,52	1,75	0,0000	103,4565	0,998526	79,759	79,641	79,641	79,673
	S18			130,09	101,4578	0,999738	178,69	178,640	178,640	178,712
S18	S17	1,51	1,75	0,0000	103,5789	0,998421	178,69	178,405	178,405	178,476
	S19			247,698	98,5644	0,999746	88,566	88,544	88,543	88,579
S19	S18	1,48	1,75	0,0000	103,4575	0,998526	88,566	88,435	88,435	88,471
	C			250,1	98,3212	0,999652	86,644	86,614	86,614	86,648

Tableau 11 : Calcul des distances

8. Calcul de cheminement

Les coordonnées sont calculées par la formule suivante :

$$\begin{cases} X_B = X_A + D_{AB} \times \sin G_{AB} \\ Y_B = Y_A + D_{AB} \times \cos G_{AB} \end{cases}$$

- Fermeture et compensation

Les sommes algébriques de ΔX et ΔY doivent être respectivement égale à zéro dans le cas d'un cheminement fermé. Les erreurs de fermeture f_x et f_y résultent de l'imperfection des mesures angulaires et linéaires. On évalue les erreurs si elles sont admises selon la tolérance.

$$\begin{aligned} f_x &= \sum \Delta X \\ f_y &= \sum \Delta Y \\ f_p &= \sqrt{f_x^2 + f_y^2} \end{aligned}$$

- La valeur de tolérance est obtenue par la formule :

$$Tp = 27 \times \delta_l \times \sqrt{n}$$

$$\sum D_{pr} = D = 2,788 \text{ km}$$

$$\varepsilon = 10\text{mm} \quad \text{L'écart type en distance}$$

$$\delta_l = 10^{-5} \times 2,788 = 28 \cdot 10^{-6} \text{ Km} = 28\text{mm}$$

$$Tp = 2,7 \times 28 \times \sqrt{19}$$

$$Tp = 330\text{mm}$$

La compensation peut se faire si la valeur de tolérance est respectée. La répartition se fait de la manière suivante :

$$\begin{cases} C = \frac{-f_x}{n} \\ C = \frac{-f_y}{n} \end{cases}$$

S	Pv	Hz (gon)	G	Dpr	X (m)	Y (m)	Xc (m)	Yc (m)
A	B(Réf)	0.0000	321.2645	51.223	321377.160	7987261.691	321377.160	7987261.691
	S1	217.778	139.0426	53.000	321468.8873	7987214.3933	321468.89	7987214.39
S1	A	0.0000		53.001	321425.5429	7987244.9008	321425.54	7987244.90
	S2	147.777	86.8195	116.962	321583.3265	7987238.4365	321468.88	7987238.44
S2	S1	0.0000		116.942				
	S3	114.434	1.2539	102.762	321585.3496	7987341.1120	321585.34	7987341.12
S3	S2	0.0000		102.696				
	S4	182.252	383.5061	129.010	321552.2494	7987465.9936	321585.33	7987466.01
S4	S3	0.0000		129.197				
	S5	273.334	56.8401	260.642	321755.1982	7987629.4367	321755.18	7987629.45
S5	S4	0.0000		260.592				
	S6	255.555	112.395	167.990	321920.0140	7987596.9305	321755.17	7987596.95
S6	S5	0.0000		167.991				
	S7	121.121	233.5161	289.139	321774.7487	7987346.9873	321774.73	7987347.01
S7	S6	0.0000		289.085				
	S8	192.212	36.7483	197.092	321882.3391	7987512.1880	321774.71	7987512.22
S8	S7	0.0000		197.160				
	S9	203.232	39.9805	187.427	321992.4577	7987663.8611	321992.43	7987663.89
S9	S8	0.0000		187.436				
	S10	212.323	52.3039	267.740	322188.5643	7987846.2815	321992.40	7987846.32
S10	S9	0.0000		267.832				
	S11	165.555	17.8588	169.680	322235.5794	7988009.4339	322235.55	7988009.47
S11	S10	0.0000		169.791				
	S12	194.451	12.3099	82.266	322251.4048	7988090.2404	322235.51	7988090.29
S12	S11	0.0000		82.338				
	S13	196.766	9.0755	57.252	322259.5355	7988099.1263	322259.50	7988099.18
S13	S12	0.0000		57.218				
	S14	195.457	4.532	108.594	322267.2597	7988207.4940	322259.46	7988207.55
S14	S13	0.0000		108.639				
	S15	173.216	377.7476	55.995	322248.0837	7988260.0951	322248.04	7988260.15
S15	S14	0.0000		55.988				
	S16	208.783	386.531	57.533	322236.0055	7988316.3545	322247.99	7988316.41
S16	S15	0.0000		57.543				
	S17	205.654	392.1851	79.789	322226.2455	7988395.4302	322226.20	7988395.49
S17	S16	0.0000		79.673				
	S18	130.09	322.275	178.712	322058.5851	7988456.6118	322226.14	7988456.68
S18	S17	0.0000		178.476				
	S19	247.698	369.9728	88.579	322018.3840	7988535.4215	322018.33	7988535.49
S19	S18	0.0000		88.471				
	C	250.1	20.0726	86.648	322045.2537	7988617.7982	322045.20	7988617.87

Tableau 12 : Calcul des coordonnées altimétriques des points polygonaux

$$fx = X_{obs} - X_{calc}$$

$$fx = 322045.2537 - 322045.20$$

$$f_x = 5\text{cm}$$

$$fy = Y_{obs} - Y_{calc}$$

$$fy = 7988617.7982 - 7988617.87$$

$$f_y = -7\text{ cm}$$

$$fp = \sqrt{fx^2 + fy^2}$$

$$fp = 8,6\text{cm} < Tp = 33\text{cm} \text{ donc tolérable}$$

9. Détermination Altimétrique [4]

Lors de l'établissement de la polygonale de base, nous avons effectué un cheminement simple ou direct pour la détermination d'altitude des points. Ce procédé est utilisé pour mesurer la dénivellée entre 2 points A et B trop éloignés pour être reliés par une seule nivelée.

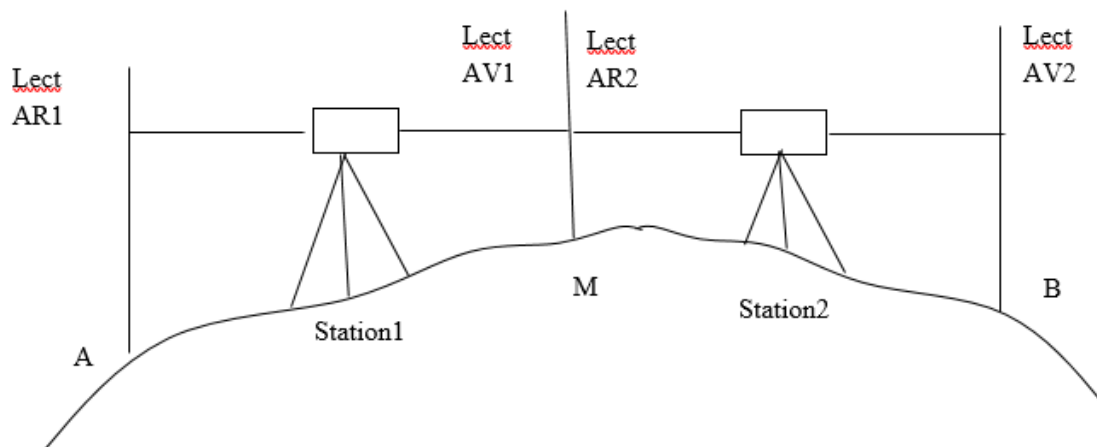


Figure 9 : mesure de dénivellée

	Lar(mm)	Lav(mm)	Dn(m)	Dist(m)	Z(m)
A		241			15.8
1	542	823	-0.301	30	15.499
S1	1092	1156	-0.269	22.984	15.23
2	1073	984	0.083	40	15.313
3	845	520	0.139	30	15.452
S2	410	1322	0.11	46.917	15.562
4	1201	1169	0.121	25	15.683
5	1089	1023	0.08	20	15.763
6	869	1178	0.154	15.725	15.917
7	1056	956	0.122	20	16.039
S3	712	423	0.244	22	16.283
8	673	932	-0.25	39	16.033
9	1268	1041	-0.336	40	15.697
10	1298	1124	-0.257	30	15.44
S4	1241	421	-0.117	20.149	15.323
11	742	987	-0.321	40	15.002
12	1275	841	-0.288	45	14.714
13	995	746	-0.154	22	14.56
14	960	1048	-0.214	30	14.346
15	1274	1143	-0.226	33	14.12
16	1459	871	-0.316	42	13.804
17	977	798	-0.106	30	13.698
S5	983	213	-0.185	40.544	13.513
18	870	546	-0.657	50	12.856
19	1138	336	-0.592	30	12.264
20	1081	753	-0.745	40	11.519
21	1609	875	-0.856	27	10.663
S6	1315	953	-0.44	20.924	10.223

Tableau 13 : Calcul des coordonnées altimétriques des points polygonaux

La dénivelée entre les points A et B est calculée à partir de la formule suivante :

$$Dn_{AB} = \text{LectAR} - \text{LectAV} \quad (7)$$

D'où l'altitude est donnée par la formule suivante :

$$Z_B = Z_A + Dn_{AB} \quad (8)$$

Après l'opération du nivellement, on a obtenu les calculs suivants :

Points	Dist(m)	Dénivelé (mm)	Z(m)
A			15.8
S1	52.984	0.57	15.23
S2	116.917	-0.332	15.562
S3	102.725	-0.721	16.283
S4	129.149	0.96	15.323
S5	260.544	1.81	13.513
S6	167.924	3.29	10.223
S7	289.024	-1.02	11.243
S8	197.09	-2.82	14.063
S9	187.371	-0.66	14.723
S10	267.735	1.57	13.153
S11	169.762	-1.717	14.87
S12	82.371	-0.5	15.37
S13	57.234	-1.09	16.46
S14	108.689	-0.78	17.24
S15	55.977	3.01	14.23
S16	57.521	1.69	12.54
S17	79.759	-6.02	18.56
S18	178.687	0.91	17.65
S19	88.566	0.73	16.92
C	86.644	0.82	16.10

Tableau 14 : Coordonnées altimétriques des points polygonaux

10. Levé de détails

Le levé de détail est l'ensemble des opérations intervenant dans un levé topographique qui consiste à déterminer, à partir des points de canevas, la position des différents objets existants sur le terrain. Les travaux de terrassement nécessitent beaucoup plus de détails afin d'obtenir une précision sur la quantité de déblai et de remblai et aussi la limite exacte de chaque ouvrage. L'échelle est le plus important dans le lever de détail pour choisir la technique et méthode de lever. Pour ce projet, on adopte l'échelle 1:1000 pour le levé de la bande d'étude et 1:1000 pour la conception de tracé en plan.

a. Levé planimétrique et altimétrique

Pour faire le levé planimétrique et altimétrique, on a utilisé une station totale de type Leica TCR 1205+. Les mesures effectuées sont stockées dans la carte mémoire de l'appareil.

b. Méthodes du levé

On procède à la méthode dite « rayonnement » en s'appuyant sur la polygonale de base lors du levé de détails. Le contrôle d'orientation se fait avec cinquantaine de points de détails.

Les détails à lever sont :

- la clôture bâtiment ;
- le Cours d'eau ;
- les bois ;
- les points de changement de pente ;
- un point tous les 5m (terrain assez plat)

c. Croquis de levé

Le levé de détails nécessite un croquis de lever précis, bien soigné et aussi descriptif que possible car il facilite les travaux du dessinateur lors du traitement sur l'ordinateur. Voici un exemple de croquis :

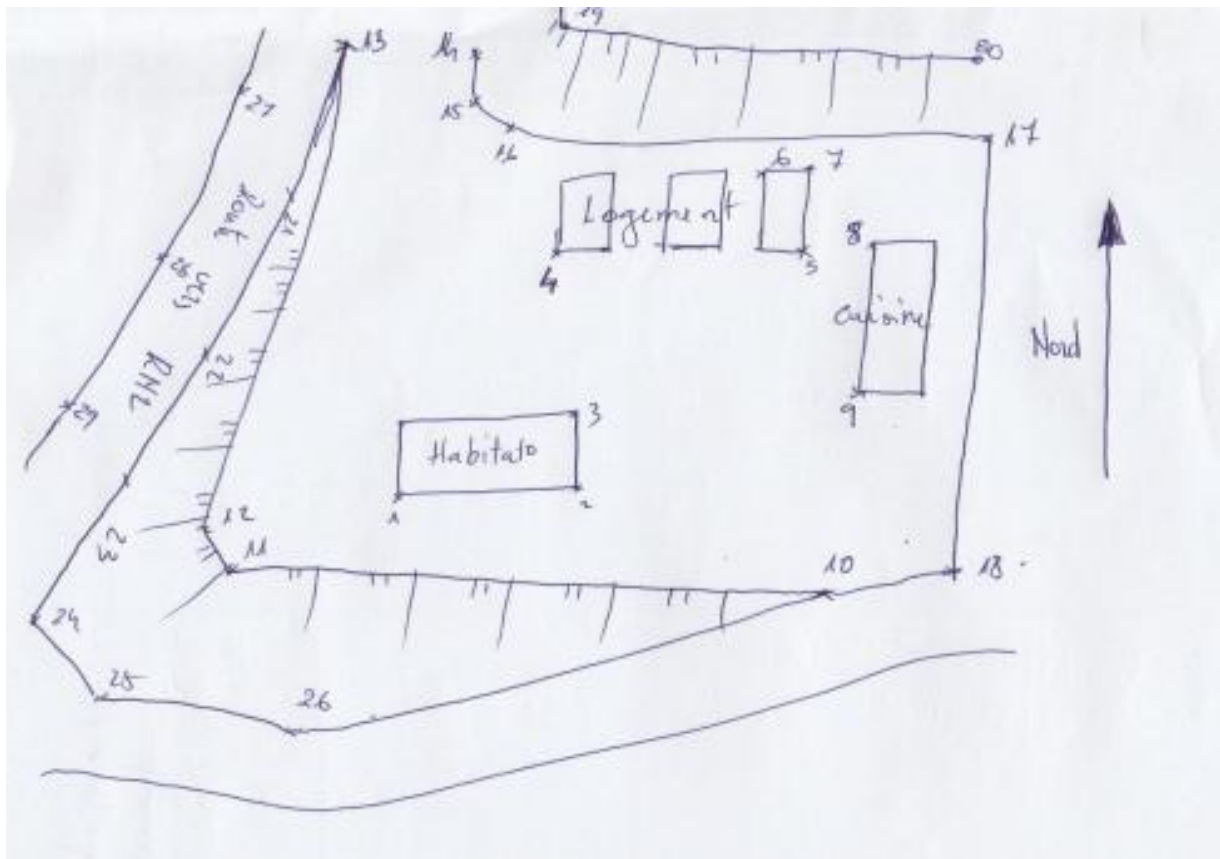


Figure 10 : Croquis du levé

d. Moyen matériel et personnel

On utilise les matériels suivant lors de levé de détails :

- Station totale Leica 1205+
- Un trépied
- Deux prismes circulaires

La brigade chargé de levé de détails est composée de :

Fonction	Nombre	Rôle
Chef de brigade	01	Diriger et contrôler tous les travaux
Operateur	01	Manipuler l'appareil
Croquiseur	01	Faire le croquis de terrain Placer le numéro de point dans le croquis
manœuvre	03	Porteur de prisme Décapage Aide ; etc

Tableau 15 : les personnels et les matériels

e. Exportation des données de l'appareil

Le format d'enregistrement de la station totale n'est pas lisible par le logiciel, Il faut d'abord transformer en ASCII. Les données dans l'appareil sont exportées en format Texte séparateur Tabulation.

Pour cela, on procède à la Fonction : Menu principal → Echange → Export donné job

Lorsque l'écran apparaît, il faut configurer comme suit pour avoir une donnée ASCII :

- 1- Définir la destination du fichier exporté : généralement sur la carte ;
- 2- Les données sont enregistrés dans le répertoire : carte/data ;
- 3- Sélectionner le nom de Job coordonnée : fixpoint job ;
- 4- Sélectionner le type de fichier exporté : On utilise souvent XYZCifrt ;
- 5- Le nom du fichier vers lequel on souhaite exporter les données

Lorsque la configuration est terminée, on appuie sur le bouton CONT ou F1 pour terminer l'exportation de données.

f. Traitement sur le logiciel AUTOCAD CIVIL 3D [6]

Il faut copier les données traitées dans l'ordinateur par l'intermédiaire d'une carte mémoire. Ensuite, il faut traiter les données sur le logiciel qui les divise en trois étapes : l'importation des points dans le logiciel, la mise au net du dessin 2D, et le traitement 3D.

❖ Importation des points

Le fichier exporté précédemment est utilisé directement sur le logiciel grâce à la fonction « Insertion→ Point à partir d'un fichier ». L'objectif est de transcrire un fichier ASCII de coordonnées en un semis de blocs points dans un dessin AUTOCAD CIVIL 3D.

❖ Mise au net de dessin 2D

Le dessin doit relier, habiller, et animer les points selon le croquis pour avoir le plan détaillé.

❖ Calcul de MNT et de la Courbe de Niveaux

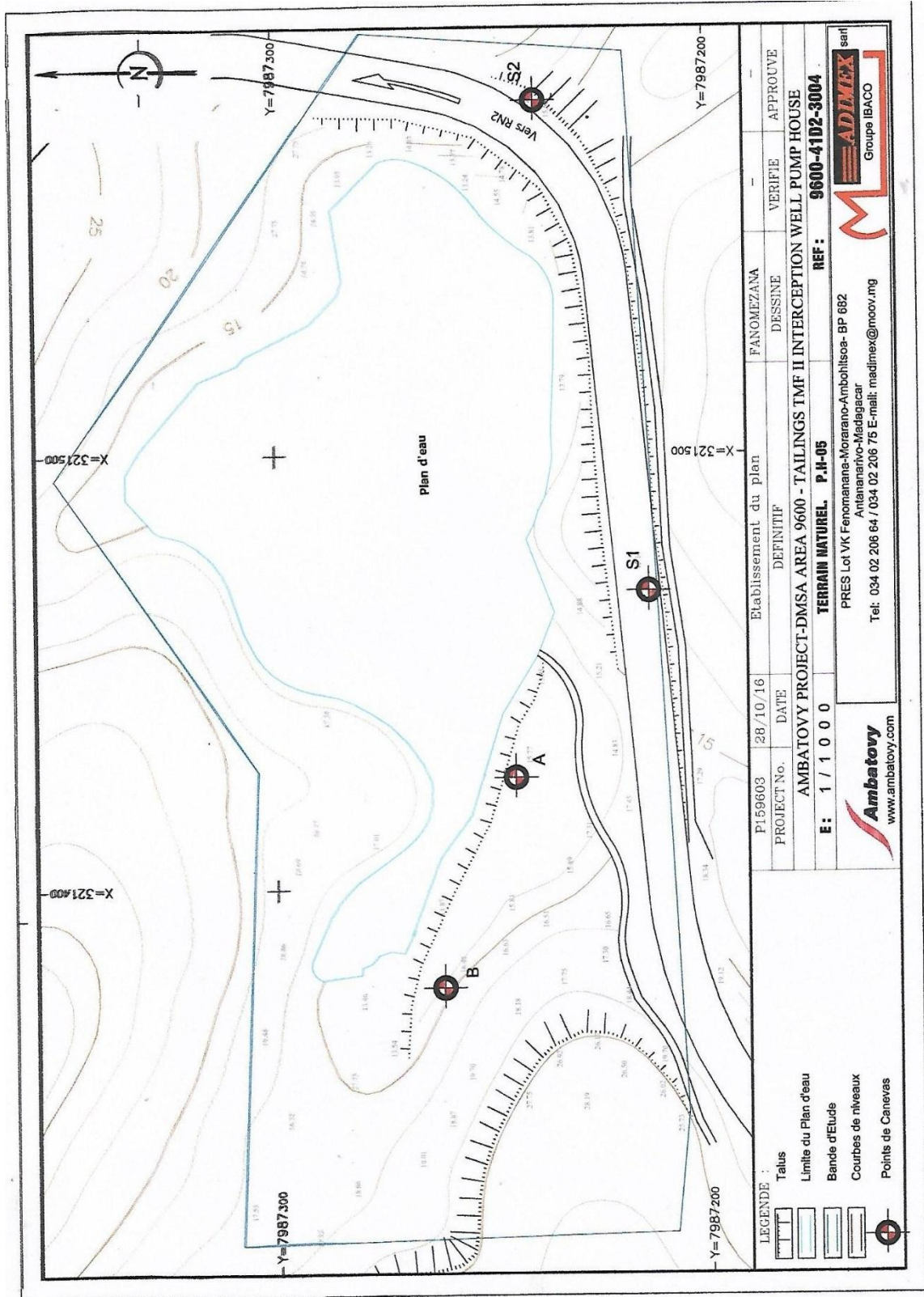
Le MNT est la base indispensable pour la plupart des études du projet. C'est une représentation en trois dimensions d'un terrain qui est souvent appelé TRIANGULATION car il est constitué de « Face 3D » triangulaires. L'AUTOCAD CIVIL 3D calcule et dessine automatiquement le MNT en utilisant la méthode de DELAUNAY qui essaie de créer des triangles les plus équilatéraux possibles. En principe, le programme relie les points pour créer plusieurs triangles. Ces points sont obtenus lors du lever de détail. Mais après calcul d'un MNT, c'est rarement qu'on se trouve sur un terrain plat. En effet, Il y a souvent des talus, des changements de pentes etc... Pour qu'un MNT reflète correctement le terrain (ou le projet), les triangles doivent s'appuyer sur ces lignes de rupture de pente. Les courbes de niveaux sont l'ensemble des points ayant les mêmes altitudes. Dans les terrains plats, on doit ajouter des courbes intermédiaires. Dans le traitement sur logiciel Autocad civil 3D, on ne peut pas tracer les courbes de niveau tant qu'on n'a pas dessiné l'MNT.

La courbe de niveaux et le Model Numérique du Terrain sont calculées en même temps. Il faut prendre la Fonction « Fenêtre d'outils → Prospecteur → surface → créer une surface ». Après paramétrage de nom de l'MNT et l'équidistance de la courbe de niveaux, le logiciel trace automatiquement la MNT.

g. Plan Terrain Naturel TN

Voici le plan du terrain naturel :

Plan 1 : Plan du terrain naturel



11. Calcul de cubatures

Le calcul de cubatures est un calcul d'évaluation des volumes de terres à déplacer pour l'exécution d'un projet. Il est très utile pour le remblayage de la zone d'études.

Démarche à suivre :

Prenons deux MNT, l'un pour le terrain naturel et l'autre pour le projet ; le logiciel superpose ces 2 MNT et calcule directement le volume de remblai. Ce volume obtenu est appelé cubature.

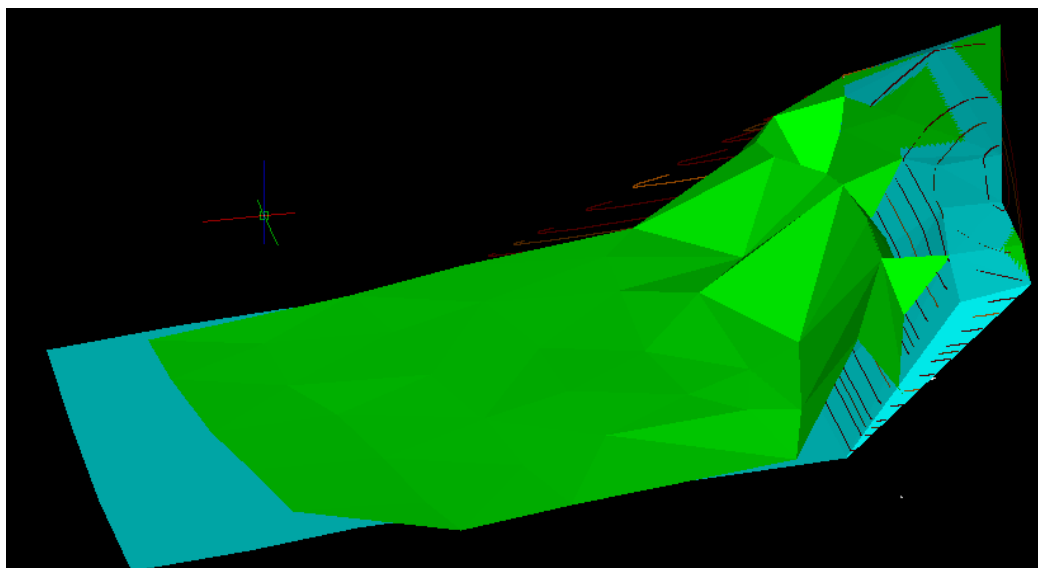
Autre méthode : Vérification du volume de remblai

A partir de la superposition de deux MNT, on a calculé la surface en 2D puis on a coté la hauteur entre les deux modèles. Ainsi, ce volume peut être calculé par la formule suivante :

$$V = S \times h \quad [2]$$

Avec S : la surface en 2D [m²]

h : la hauteur entre 2 MNT [m]



■ : TN ■ : Projet

Figure 11 : Superposition de 2 MNT (Terrain Naturel et Projet) en vue du calcul de la cubature

Surfaces 2D		
Avec déblai	:	1525.35 m ²
Avec remblai	:	224.34 m ²
Sans écart	:	0.00 m ²
Total	:	1749.69 m ²

Volumes		
Déblai	:	3186.792 m ³
Remblai	:	179.977 m ³
Total	:	3366.789 m ³

Tableau 16 : Résultat du calcul de cubatures

RAMANANJATO Fanomezana

PARTIE III : ETUDE DES TRAVAUX D'INFRASTRUCTURE

I. Barrage de récupération

A. Règles de la conception

La norme dans la construction d'un barrage est l'un des éléments fondamentaux pour le projet. Elle doit tenir compte de plusieurs paramètres. Les paragraphes ci-dessous représentent les paramètres à respecter pour la détermination des normes de conception du barrage.

B. Estimation du débit décennal [9]

1. Méthode déterministe de RODIER ET AUVRAY

a. Hypothèses de base

Les pluies sont homogènes sur l'ensemble du bassin versant d'où la nécessité d'avoir de faibles surfaces ($S < 120 \text{ Km}^2$) et ceci extrapolable jusqu'à 200 Km^2 .

La fréquence de la pluie est égale à celle du débit auquel elle va donner naissance.

b. Méthode

Sur ces bases et à partir de 60 bassins expérimentaux, RODIER ET AUVRAY proposent de retenir comme paramètres déterminants :

- La surface du bassin versant (S) ;
- Le régime climatique : tropical, équatorial ou forestier ;
- La pluie décennale de vingt-quatre heures (P_{10}) ;
- Les perméabilités du bassin versant ;
- Les pentes moyennes du bassin versant :

Elles sont estimées en mesurant la pente de la partie médiane du bassin après avoir éliminé les 20% de la partie supérieure et les 20% de la partie inférieure du profil en long et en travers.

Six catégories de pente sont ainsi définies:

- * RI : pentes très faibles, inférieur à 0.1 et 0.2 %
- * R2 : pentes faibles, inférieures à 0.5 %
- * R3 : pentes modérées comprises 0.5 et 1 %

* R4: pentes assez fortes; pentes longitudinales comprises entre 1 et 2 % ; pentes transversales supérieures à 2 %.

* R5: pentes fortes; pentes longitudinales comprises entre 2 et 5% pentes transversales entre 8 et 20 %.

* R6: pentes très fortes ; pentes longitudinales supérieure à 5 % pentes transversales supérieure à 20 %

Ainsi le débit moyen de la crue décennale peut être estimé selon RODIER par la formule :

$$Q_m = (P_{10} \times A \times S \times K_R) / T_B$$

P_{10} : Pluie décennale de vingt-quatre heures ;

S : Surface du bassin ;

A : Coefficient d'abattement ;

K_R : Coefficient de ruissellement

T_B : Temps de base

A ce débit moyen est appliqué un coefficient majorateur K afin d'obtenir la valeur maximale de l'hydrogramme de ruissellement. K est surtout fonction des facteurs géomorphologiques et de la couverture végétale.

c. Application

RODIER propose de prendre comme coefficient d'abattement pour le calcul de la crue décennale :

Pour	$0 < S < 25 \text{ Km}^2$	$A = 1$
	$25 < S < 50 \text{ Km}^2$	$A = 0.95$
	$50 < S < 100 \text{ Km}^2$	$A = 0.90$
	$100 < S < 150 \text{ Km}^2$	$A = 0.85$
	$150 < S < 200 \text{ Km}^2$	$A = 0.80$

La surface du bassin étant environ de 10 Km^2 , le coefficient d'abattement sera pris égal à 1.

La pluie décennale de vingt-quatre heures peut être obtenue à partir de la carte pour la détermination des pluies décennales de vingt-quatre heures élaborée par le Service météorologique [10], on obtient $P_{10} = 80 \text{ mm}$

De plus, la pluie annuelle autour de 500mm, se classe dans le régime normal. D'autre part, les pentes transversales du bassin atteignant 0.8% on se classe dans le catégorie R3 et P3 vue dans la grande partie de sols présents dans le bassin.

Forts de tous ces paramètres, on obtient :

- $K_r = 19\%$ [10]
- $T_b = 28.5 \text{ h}$ [10]

$$\text{D'où Débit Moyenne : } Q_m = 80 \times 1 \times 10000 \times 0,19 / (28.5 \times 3600) = 1.48 \text{ m}^3/\text{s}$$

La courbe de variation moyenne du coefficient majorateur à appliquer est jalonnée par les points suivants :

S (Km ²)	2	10	25	50	100
K	2.6	2.6	2.5	3	3.1

Nous prendrons donc $K = 2.6$ car $S=10\text{Km}^2$, d'où

$$Q_{10} = 2.6 \times 1.48 = 3.848 \text{ m}^3/\text{s}$$

2. Passage à la crue de fréquence centennale

La méthode du Gradex propose la déduction de la crue centenaire à partir de la crue décennale par l'utilisation d'un coefficient majorateur C qui s'exprime par :

$$C = 1 + (P_{100} - P_{10}) ((T_b / 24) \times 0.12) / (P_{10} \times K_r)$$

P_{100} : Pluie journalière de durée de retour 100 ans. Pour notre cas, d'après la carte élaborée par le Service météorologique [10], on obtient $P_{100} = 200 \text{ mm}$

T_b : temps de base en heures correspond à la durée effective du ruissellement sur le bassin.

$$C = 1 + (200 - 130) ((28.5 / 24) \times 0.12) / (130 \times 19) = 3.9$$

$$\text{D'où } Q_{100} = C \times Q_{10} = 15 \text{ m}^3/\text{s}$$

3. Débit de projet

Pour mesurer le débit de la fuite du grand bassin, on a mis en place une planche déposée verticale sur le barrage de récupération. Pendant dix jours, on a les résultats suivants :

Barrage	1	2	3	4	5
Hauteur	1.11	1.2	1.72	1.54	1.37
Surface bassin	600m ²	550m ²	520m ²	580m ²	650m ²
Débit (m ³ /h)	2.75	2.75	3.73	3.72	3.71

Tableau 17 : Débit de la fuite du grand bassin pendant dix jours

Suivant l'importance socio-économique du barrage et les risques encourus, on choisira un débit de crue de durée de retour plus ou moins élevé. En ce qui nous concerne, nous prendrons comme crue du projet le double de la crue décennale.

$$Q_{cm} = 2 \times 3.848 = 7.7 \text{ m}^3/\text{s}$$

Le débit centennal étant supérieur au débit de projet, on peut penser que le débit auquel on décide de protéger l'ouvrage est un débit de durée de retour d'environ cinquante ans.

C. Effet de laminage

Le débit de projet calculé précédemment ne constitue pas celui qui entre à l'évacuateur. En effet, le réservoir joue un rôle de tampon de sorte que le maximum de débit à l'évacuateur Q_{em} est inférieur au maximum de débit Q_{cm} de l'hydrogramme. Il s'agit donc d'estimer le rapport Q_{em}/Q_{cm} pour le dimensionnement de l'ouvrage évacuateur.

Il faut se rappeler que le but de ce projet est d'évacuer l'eau, donc il y a la station de pompage comme évacuateur mais on doit mettre un évacuateur tampon sur l'ouvrage.

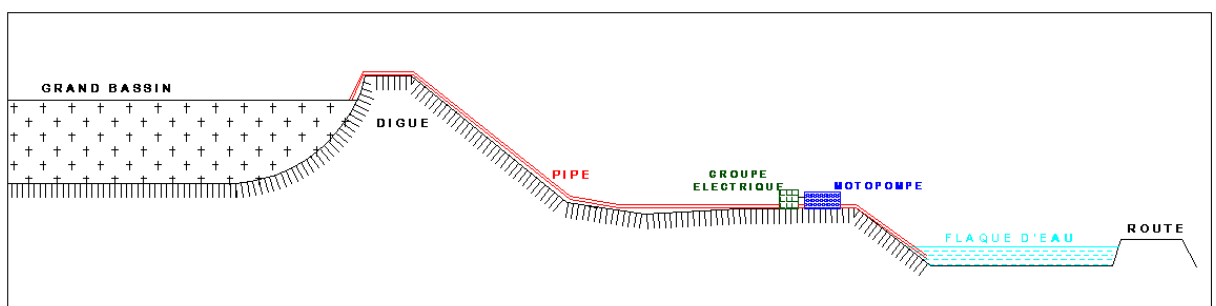


Figure 12 : Evacuateur tampon

Par ailleurs, chaque type de barrage requiert des propriétés mécaniques minimales spécifiques en matière de déformabilité et de résistance des appuis, lorsque ceux-ci sont soumis :

- aux forces appliquées directement sur le barrage ;
- aux forces internes induites par la percolation de l'eau au sein de la fondation.

D. Dimensionnement du barrage

1. Longueur du barrage

La longueur du barrage sera prise égale à la longueur disponible au niveau du sol (70 m). Les extrémités sont protégées par des murs bajoyers dont la revanche est suffisante pour éviter tout débordement latéral.

2. Profondeur du barrage

La profondeur doit être suffisante pour dissiper l'énergie de l'eau.

Elle doit être établie afin que la côte de la surface d'eau soit toujours supérieure à la côte du radier qui est le pied du barrage de récupération.

Cette profondeur est fonction de la hauteur de la lame déversante, de la hauteur du déversoir par rapport au terrain naturel ainsi que de l'épaisseur de la lame dans le lit aval.

Connaissant la profondeur maximale de l'eau $h=1.2$ m ainsi que la hauteur de la lame d'eau à l'entrée du déversoir $H_0 = 0.2$ m et l'épaisseur du radier $e=0.3$ m. D'autant plus qu'une bonne partie de l'énergie sera dissipée avant d'arriver au barrage par les marches sur le parement aval, une profondeur de 1.6 m serait donc suffisante.

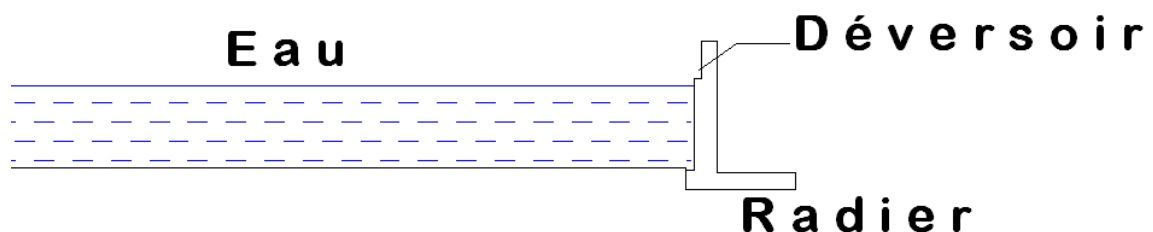


Figure 13 : Profondeur du barrage

3. Largeur du barrage

Elle doit être telle que le ressaut de chute soit totalement absorbée par le barrage pour éviter des phénomènes d'érosion remontante à l'aval. La formation de ressaut hydraulique dépend du nombre de Froude qui s'exprime par :

$F = V / (g \times y)^{1/2}$ où V représente la vitesse et y le tirant d'eau. F peut aussi s'exprimer par $F = q_m / y^{3/2} \times g^{1/2}$ où q est le débit par unité de longueur.

En supposant que le tirant d'eau avant ressaut est égal à la lame d'eau au-dessus du déversoir, on a

$$F = 1.48 / (0.6)^{3/2} \times (9.81)^{1/2} = 1.027$$

Le nombre de Froude $F < 1.7$ donc il n'y aura pas formation de ressaut hydraulique, la largeur du bassin peut être minimale. Une largeur de 5 m serait sécuritaire

E. Systèmes de dérivation pendant la construction

La construction du barrage implique de mettre à sec, en général par parties successives, le lit de la rivière. Les travaux correspondants, qui constituent la dérivation provisoire, peuvent prendre des aspects très différents selon le régime hydrologique, la largeur du lit, l'importance et la nature du barrage. On prévoit donc toujours des batardeaux, barrages provisoires destinés à canaliser le cours d'eau, et des chenaux temporaires.

Donc il faut implanter les batardeaux avant l'implantation de l'ouvrage.

F. Méthode de construction

On a utilisé la technique actuelle qui prédomine dans la construction des barrages celle du Béton Compacté au Rouleau ou BCR. Le béton n'est plus coulé entre des coffrages, puis vibré avec des aiguilles, comme du béton conventionnel, mais répandu horizontalement au bulldozer et compacté avec des compacteurs vibrants, suivant les techniques de terrassement, l'épaisseur des couches varie de 30 à 60 cm. Grâce à un tel compactage beaucoup plus énergique, le béton peut être mis en place plus sec avec juste la quantité d'eau nécessaire à l'hydratation du ciment. Cela autorise, à résistance égale, une moindre quantité de ciment (jusqu'à moins de 100 kg/m³). Par voie de conséquence, l'échauffement thermique est réduit de 50 % au moins (à cœur d'un barrage épais, un béton conventionnel dosé à 200 kg/m³ peut s'échauffer de 20°C) ainsi que le nombre de joints nécessaires. Ce nouveau procédé permet des économies importantes sur les matériaux (quantité réduite de ciment) ainsi que par le recours à une mécanisation poussée qui permet des cadences très élevées.

II. Station de pompage (pump house)

La station de pompage se divise en deux plates-formes :

- La partie souterraine
- La partie bâtiment
- La partie souterraine :

C'est la partie qui relie directement l'eau du bassin et la station de pompage qui est constitué par la pipe et la voile. L'eau récupérée par le barrage de récupération traverse une pipe avec une pente de 1% pour remplir la voile en béton. Ensuite une pompe électrique de bonne puissance puise l'eau dans la voile et le ramené vers le refoulement.

- La partie bâtiment :

Le bâtiment c'est la partie supérieure de la station de pompage. La dalle est reliée avec la voile en béton et sur cette dalle que la pompe électrique se fixe. Le bâtiment contient aussi un tableau électrique pour vérification du fonctionnement de la pompe ainsi que sa source d'énergie qui est un groupe électrique.

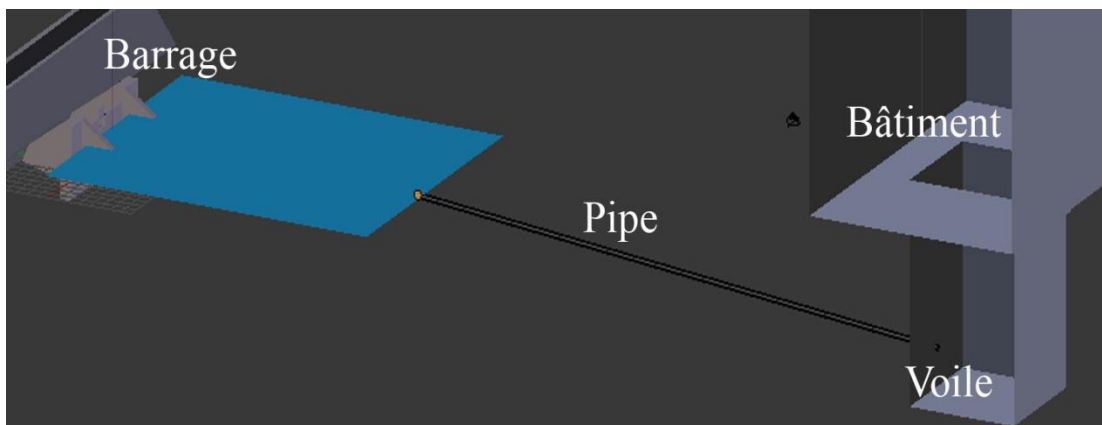


Figure 14 : Structure de la station de pompage

A. Méthode

Après le choix de l'emplacement de la station de pompage, on entre dans le travail de terrassement du terrain, puis l'excavation.

B. Fouilles

On réalise des fouilles pour :

- Réalisation des fondations
- Dégagement des volumes de sous-sols

- Pose des canalisations

On distingue les :

- Fouilles ponctuelles ou en puits. Fouilles linéaires
- Rigoles : peu profondes et larges ($h \leq 1m$)
- Tranchées : plus hautes que large
- Fouilles en excavation en pleine masse, intéressant toute l'emprise de la construction (cas de sous-sols)

Talus naturel : la poussée des terres fait qu'un sol ouvert à la verticale offre une instabilité due à la poussée des terres qui va donner un éboulement ; la paroi se stabilise alors sous un certain angle variable dit 'angle de talus naturel'

On utilise donc soit des fouilles talutées (selon l'angle de talus naturel) soit des fouilles ouvertes verticalement (mais blindées)

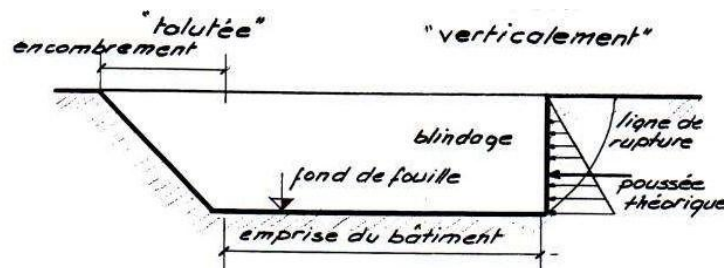


Figure 15 : Représentation de la fouille

III. Voile

Pour éviter que la fouille s'effondre et pour retenir l'eau, il faut une paroi en béton armée posée sur un radier appelée voile. Le béton est coulé entre des coffrages, puis vibré avec des aiguilles, comme du béton conventionnel. Le dosage en ciment y est modulé, maximal près des parements (pour une bonne étanchéité et une bonne résistance aux agressions extérieures) et près de la base, plus sollicitée mécaniquement.

Voici une photo pendant la construction du voile :



Photo 2 : Construction du voile

Pendant la construction, il faut tenir compte de la hauteur du fond de cuve pour le bon fonctionnement de la pompe. Une hauteur de 80cm sera suffisante.

IV. Bâtiment [6]

C'est la partie au-dessus de la fouille, et qui contient les machines de pompage.

La fondation se pose sur le remblai, donc on a choisi la fondation en semelle isolée.

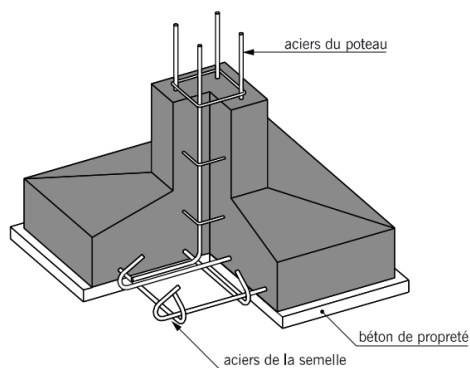


Figure 16 : semelle isolée

La semelle isolée ou semelle ponctuelle, elle est placée sur un sol stable et reliée au poteau et puis les longrines s'appuient sur les poteaux pour ensuite se poser le mur.

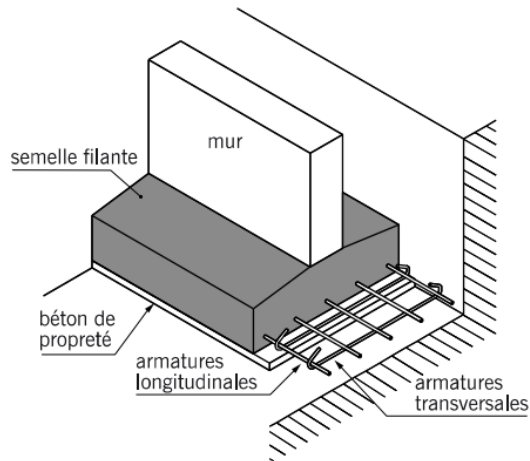


Figure 17 : Représentation semelle filante

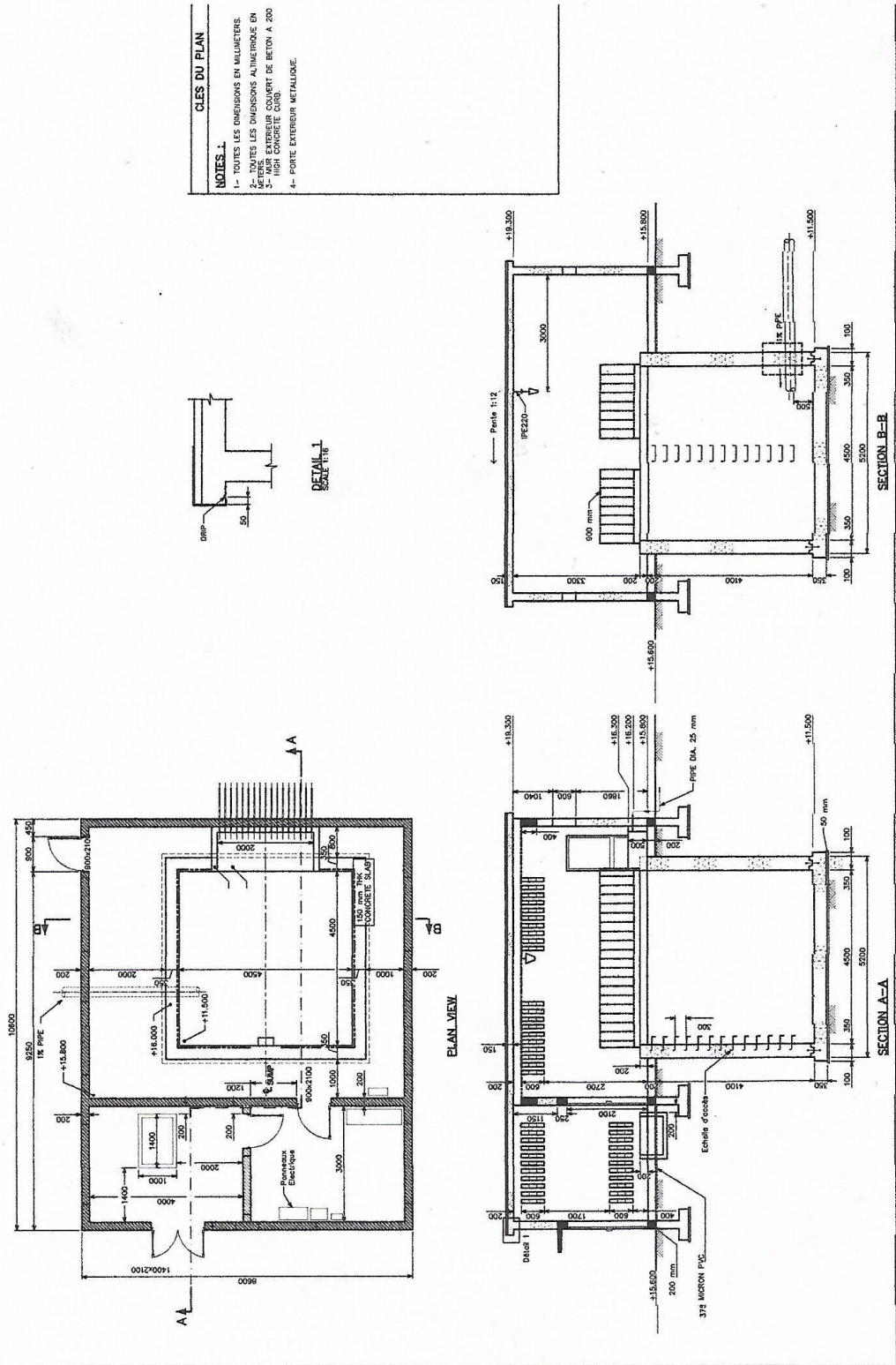
La dalle en béton armé est isolée avec des polystyrènes pour éviter que les vibrations de la pompe se dissipent sur le mur.

Le mur est en parpaing qui est pratiquement très léger car on est sur une fondation en remblai.

Le plan de la station de pompage nous montre les structures du bâtiment avec la voile.

Voici le plan de la station de pompage :

Plan 2 : Plan de la station de pompage



V. Implantation [7]

Pour tout chantier, il est indispensable de disposer de points de référence en planimétrie. Ces points permettent l'implantation des travaux et le contrôle de leur avancement. Dans notre cas, ils ont été matérialisés par des bornes situés à proximité immédiate du chantier, mais hors de l'emprise des travaux. Deux points au minimum sont nécessaires, par exemple A et B, station A et orientation sur B, de coordonnées connues :

- soit en repère général (Lambert) : on les détermine alors par les procédés classiques de densification de canevas ou plus généralement par des cheminements appuyés sur des points proches connus en système général ;
- soit en repère local : on peut alors se fixer une base de deux points qui sert de référence, un point A origine et un point B à une distance donnée de A. L'orientation peut s'effectuer à la boussole pour obtenir une valeur approximative du gisement de la direction AB.

L'implantation est l'opération qui consiste à reporter sur le terrain, suivant les indications d'un plan, la position de bâtiments, d'axes ou de points isolés dans un but de construction ou de repérage. La plupart des tracés d'implantation sont constitués de droites, de courbes et de points isolés.

Les instruments utilisés doivent permettre de positionner des alignements ou des points : théodolites, équerres optiques, rubans, niveaux, etc. L'instrument choisi dépend de la précision cherchée, elle-même fonction du type d'ouvrage à implanter : précision millimétrique pour des fondations spéciales, centimétrique pour des ouvrages courants, décimétriques pour des terrassements, etc. Les principes suivants doivent être respectés :

- aller de l'ensemble vers le détail ce qui implique de s'appuyer sur un canevas existant ou à créer ;
- prévoir des mesures surabondantes pour un contrôle sur le terrain.

L'implantation est un travail topographique comme tous les autres, mais la seule différence c'est que le travail de bureau s'effectue avant l'exécution des travaux sur terrain.

Lors de l'implantation, nous avons utilisé le même appareil comme dans le levé de détails.

A. Méthode d'implantation :

On a utilisé la méthode par rayonnement. Ce procédé est adapté aux théodolites, mécaniques ou électroniques avec ou sans IMEL. On connaît les coordonnées polaires topographiques d'un point P dans le repère (A, x, y) y étant un alignement AB donné.

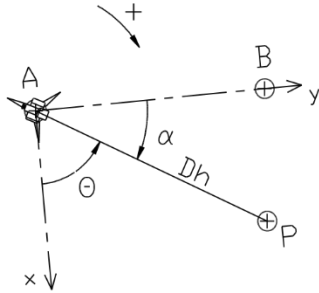


Figure 18 : Rayonnement

Les coordonnées polaires topographiques sont α et D_h dont la distance horizontale est $D_h = AP$ et l'angle $\alpha = BAP$ positif en sens horaire.

Si l'on dispose des coordonnées polaires mathématiques (D_h , θ), il faut implanter l'angle $(100 - \theta)$ depuis l'axe y.

Si l'on ne dispose pas d'un théodolite, on plante l'angle α par des mesures linéaires et on reporte la distance D_h sur l'alignement AP. Veiller à tenir compte de la dénivelée en terrain incliné : on reporte la distance suivant la pente D_p .

Fréquemment, on a implanté les points par station totale : l'opérateur stationne l'appareil en A puis se déplace vers le point P. Il envoie par radio à la station robotisée les coordonnées, rectangulaires ou polaires, du point à implanter et l'appareil pointe automatiquement en direction de ce point. L'opérateur déplace alors un récepteur jusqu'à ce que la station robotisée indique qu'il se situe sur le point P.

B. Terrassement

Le terrassement est le travail consistant à déplacer des quantités importantes de sol dans divers buts.

Dans notre construction, on a réalisé les aménagements du sol en vue de réaliser les fondations du bâtiment d'une part, et d'autre part, à la fin du chantier, les déblais et remblais en vue de donner le profil définitif.

L'implantation du terrassement est exécutée dès l'ouverture du chantier. En effet, cette intervention doit permettre au terrassier de creuser la fouille (excavation) et de stocker les terres conformément au projet autorisé et à l'organisation du chantier.

Sur la base du projet, le géomètre calcule les coordonnées et procède à l'implantation pour le terrassement. Il s'agit de matérialiser par des repères durables (piquets, clous, marques de peinture) l'emprise de l'excavation.

Cette opération consiste à matérialiser sur le terrain l'ensemble des tracés géométriques des terrassements à entreprendre (excavation pour déblais et remblais en grande masse)

Alignement et référence

Pour réaliser correctement une implantation d'ouvrage, il est nécessaire de disposer d'un certain nombre d'éléments de base. Ceci est caractérisé par un choix préalable d'un alignement, par rapport à un plan d'eau et à une route.

Pour l'implantation planimétrique à l'aide de la station totale, On stationne sur le point B en visant la référence au point A et puis il suffit d'implanter les points.

Pour l'implantation altimétrique, on a utilisé le niveau automatique. On stationne le niveau au milieu de la référence (au point A) et le point à implanter, en visant la mire placée en A et puis sur le point à implanter. On lit sur la mire en A : L_A

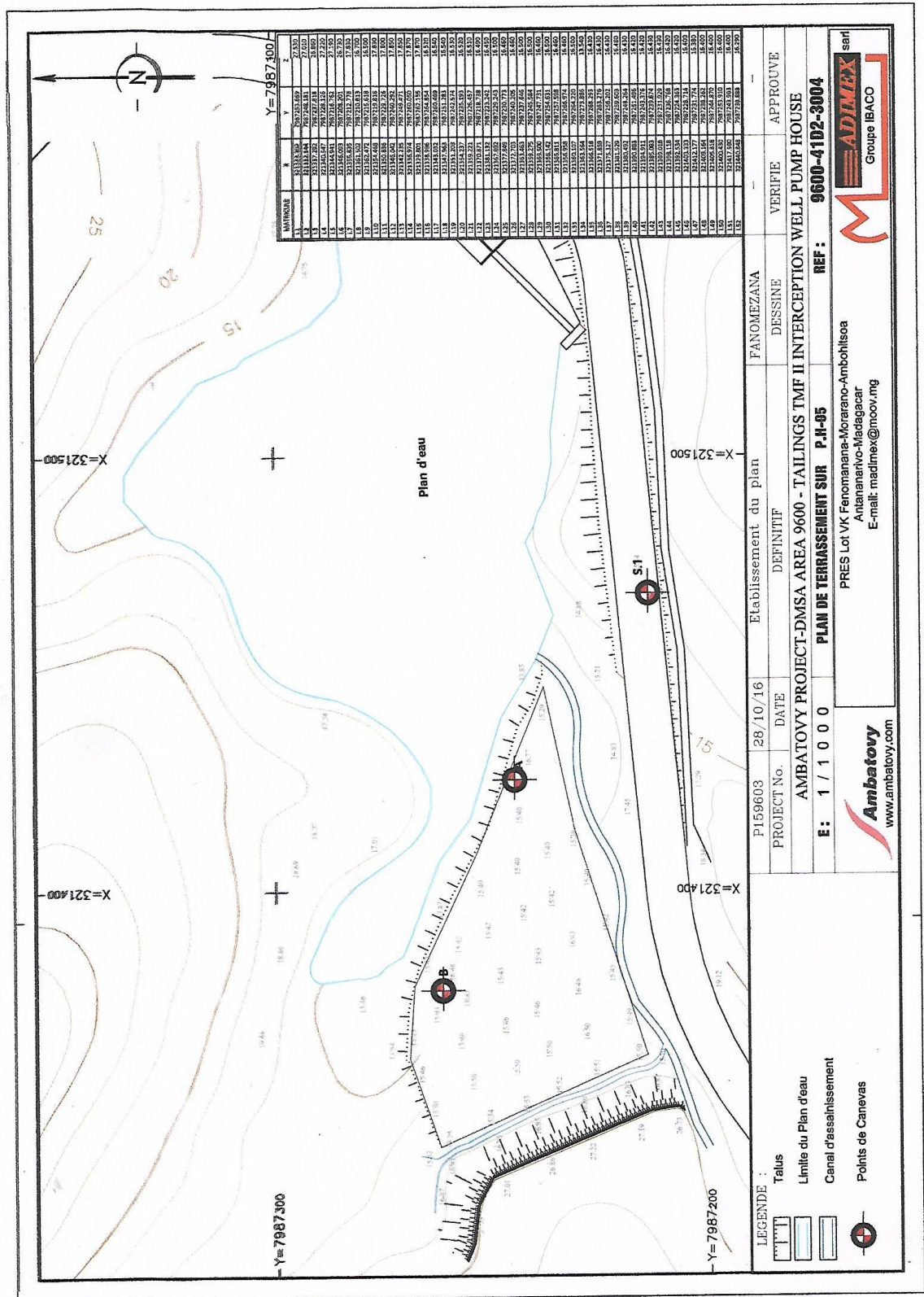
Pour avoir la cote du point à implanter, on doit lire sur la mire :

$$L = Z_A - Z + L_A$$

Le nivellement cherche à repère les différents niveaux en vue de procéder à tous travaux de de terrassement ou de fouille. Pour ce faire, on réalise en général un quadrillage à grande maille (15m × 15 m ou 20m × 20m). A l'intersection des lignes du quadrillage, on place des piquets munis de repères altimétriques qui serviront plus tard à l'exécution des terrassements et des fouilles.

Voici le plan de terrassement :

Plan 3 : Plan de terrassement



C. Implantation du barrage

1. Choix de l'emplacement du barrage

Un site de barrage, au sens topographique, se place sur un verrou, resserrement de la vallée situé juste en aval d'une cuvette naturelle susceptible, une fois fermée, de constituer un réservoir de volume suffisant.

La forme du site influe sur le choix du type de barrage. On peut réduire cette forme à deux caractéristiques : -la largeur relative (L/H) Largeur/Hauteur, qui varie en pratique de 1m à 4m, parfois plus ;

-la forme en U ou en V, lequel elle est située des propriétés minimales en matière d'étanchéité naturelle.

Il serait en effet très coûteux de généraliser l'étanchement artificiel à tout le fond du bassin et de telles réalisations sont exceptionnelles.

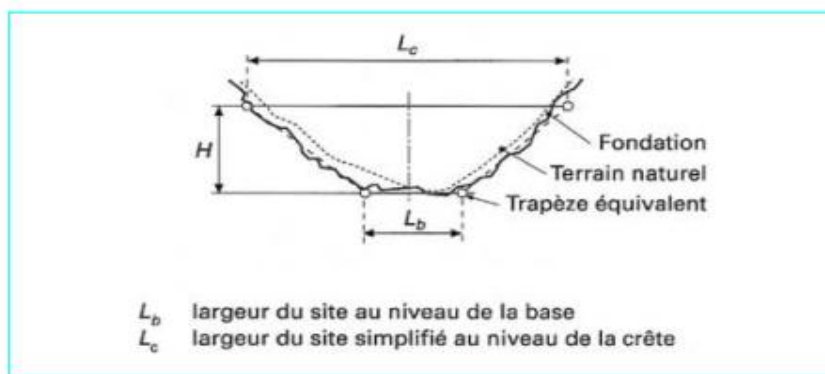


Figure 19 : Géométrie simplifiée d'un site d'un barrage

Une implantation de chantier se prépare de définir les points à implanter, des repères existants (route, buse) qui vont permettre l'implantation en plan et d'avoir les coordonnées X, Y, Z qui vont permettent de positionner les points qu'on choisit le point S₂ comme point de station et le point S₁ comme point de référence.

En effet, il y est possible pour implanter des points avec une station totale, une fois l'ensemble des calculs réalisés. Le topographe a donc à matérialiser la position des axes du barrage, ou des points isolés pour servir à la construction et pour le repérage.

Voici les éléments à implanter :

- L'axe principal (correspondant à la longueur du barrage), les parallèles et perpendiculaires (correspondant aux diverses alignement et les axes planimétriques des poutrelles).

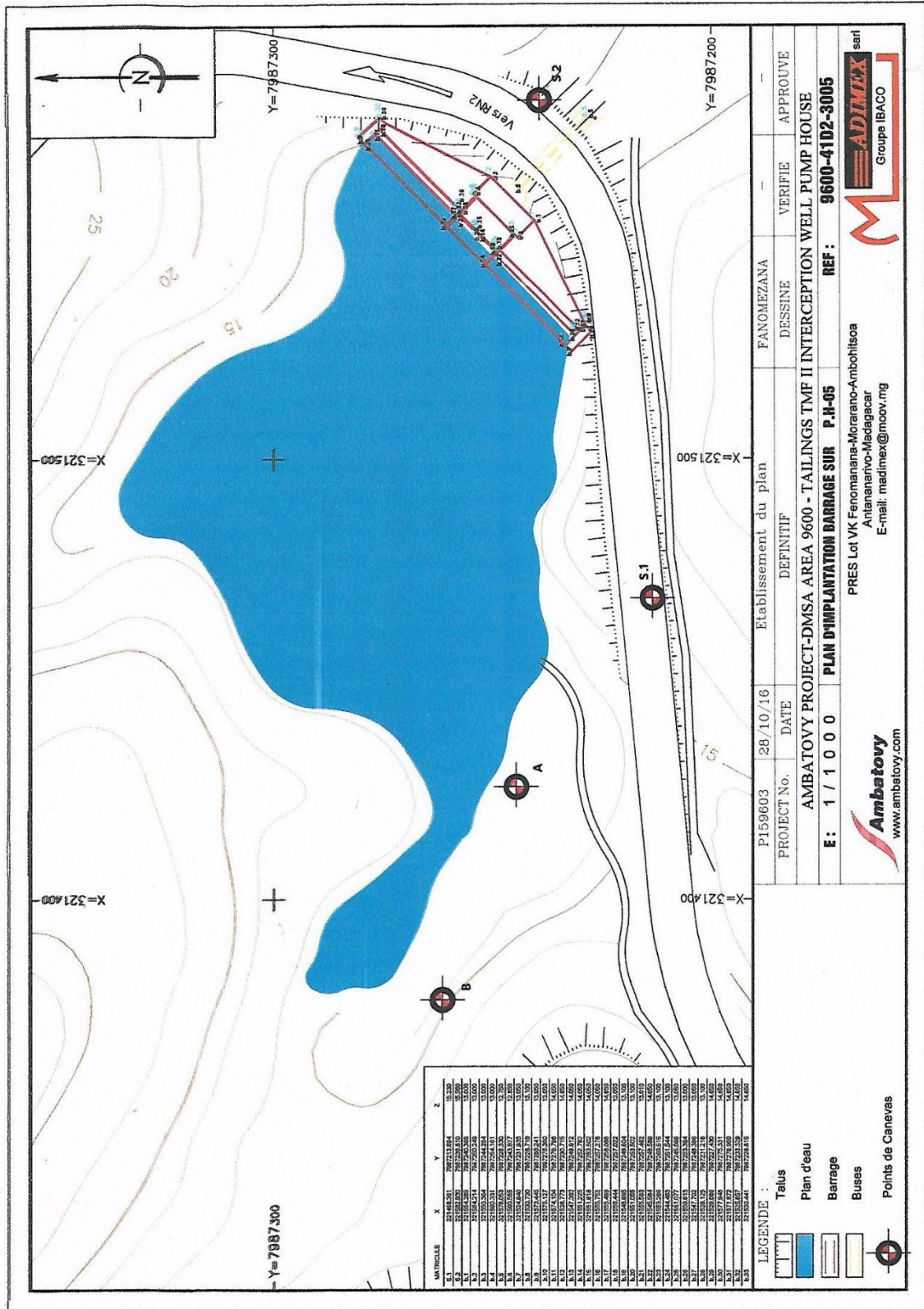
- L'épaisseur de l'ouvrage, des murs, des poutrelles, et des canaux
- Les distances entre les éléments du barrage,
- La direction des ailes du barrage
- L'axe et courbes des murs, de l'avant-canal (orientation)
- Le niveau du radier, de la vanne de prise, de chaque canal, ainsi que le PHE
- Piquetage des pentes pour l'avant canal.

Les tracés d'implantation sont constitués de droites pour les alignements, de courbes, et de points isolés.

2. Plan de l'implantation

Voici le plan de l'implantation du barrage

Plan 4 : Plan d'implantation du barrage



D. Implantation des fouilles

Fouille talutée

On réalise, au-delà de l'emprise, des parois sous l'angle de talus naturel, auquel cas il n'est nul besoin de tenir les parois, toutefois.

- On doit disposer de la surface nécessaire à l'emprise augmentée des têtes de talus
- On doit pouvoir dégager et stocker puis remettre en place le volume des terres correspondant au talus.

Lors du tracé de la fouille on doit prévoir, outre l'épaisseur du mur, un empattement (sur-largeur due à la semelle) ainsi qu'une banquette à peu près 20cm pour éviter les retombées de boues dans la tranchée. On prévoit un film plastique de polyéthylène pour les pentes de fortes inclinaisons permettant de limiter les coulées de boues lors d'orages violents.

Remarque : les déblais (sols naturels en place) et les remblais (sol remanié et compacté) n'ont pas nécessairement la même pente. Inclinaisons recommandées:

Nature du terrain (sec)	Angle de talus de la fouille		Angle de talus des remblais	
	d°	t/d	d°	t/d
Rocher compact	80°	1/5	45°	1/1
Rocher fissuré	55°	2/3	45°	1/1
Débris rocheux	45°	1/1	45°	1/1
Terres et pierres	45°	1/1	35°	3/2
Terre argileuse				
– terrain médiocre	45°	1/1	40°	5/4
– bon terrain	20°	3/1		
Gravier et sable	35°	3/2	35°	3/2
Sable fin	30°	2/1	30°	2/1
Limon	35°	3/2		
Limon argileux	30°	2/1		

Tableau 18 : Pente de talus selon le type de terrain [1]

Les talus peuvent être réalisés par palier, en étant interrompus par des banquettes d'au moins de 1m de large pour briser le ruissellement des eaux et permettre la circulation.

Les têtes de talus doivent être protégées par une bande libre de 1 à 2m de large sur laquelle on ne prévoira pas de surcharges

Dans notre cas on a retenu la fouille ouverte verticalement : c'est à dire la surface de chantier est exigüe (fréquent en agglomération). Cela impose le blindage des parois afin d'éviter leur effondrement et de ne pas affecter la stabilité des constructions voisines :

- Constitution d'un voile
- Platelage bois, jointif ou non, suivant la nature du sol
- Acier en palplanche
- Voiles de béton
- Constitution de raidisseurs, sous forme de travure secondaires (bastaings, madriers, profilés en acier).

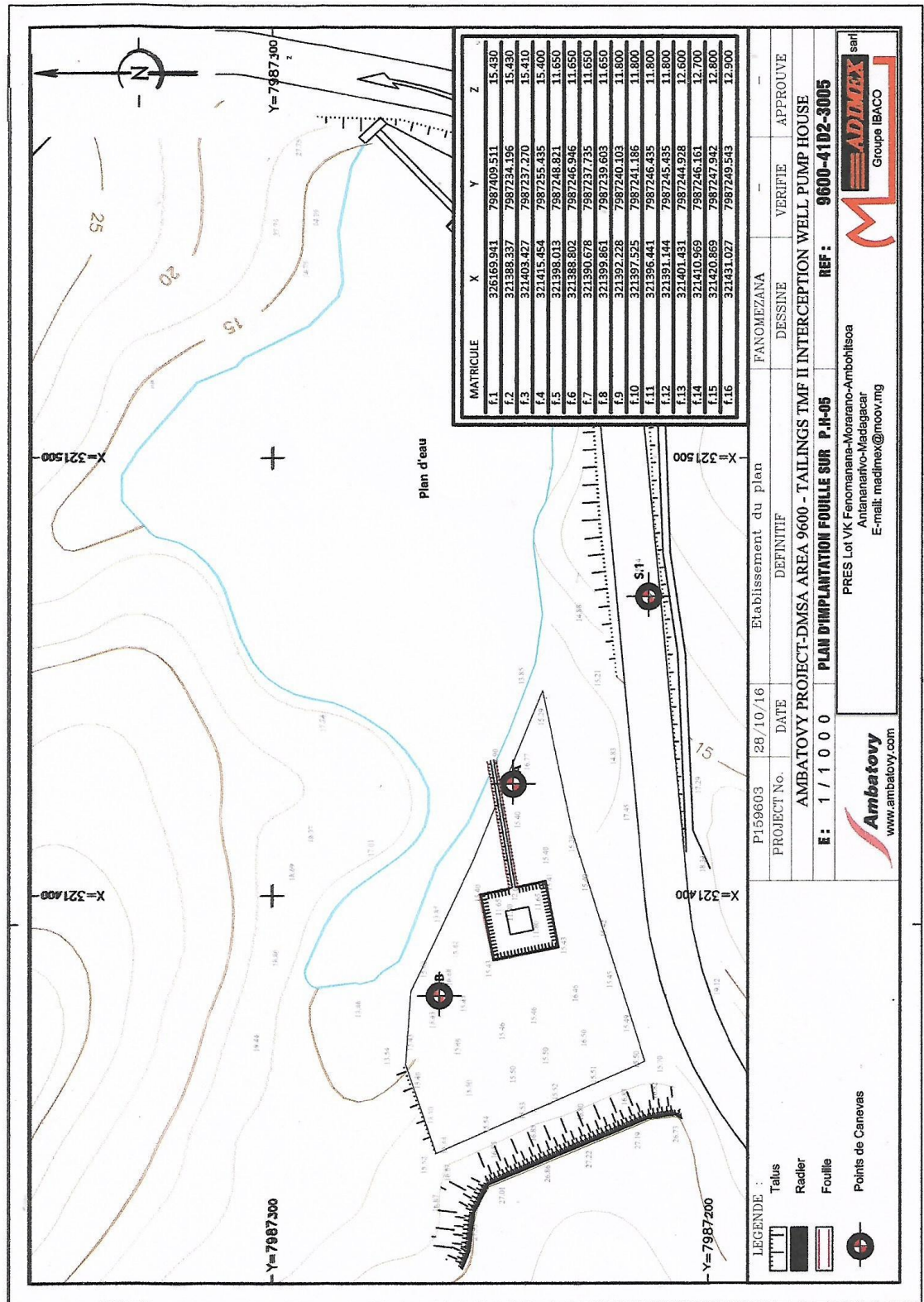
Les points à implanter sont calculés dans le repère utilisé pour le chantier à partir des indications des plans d'exécution.

L'implantation altimétrique des fouilles se fait en Station totale car la différence de dénivelée entre deux points atteint plus de 4m, or la longueur de la mire est de 4m. Il nécessite d'introduire l'auteur d'appareil et de l'auteur du prisme. Ainsi que les coordonnées X, Y, Z.

Une fois l'implantation terminée, on repère au moyen de plâtre ou de craie la position des différentes fouilles à exécuter.

Voici le plan d'implantation de la fouille :

Plan 5 : Plan d'implantation de la fouille



E. Implantation du bâtiment [7]

Puisqu' il s'agit des bâtiments de petites dimensions généralement fondés superficiellement, c'est-à-dire à de faibles profondeurs par rapport au dernier niveau excavé.

On matérialise l'emprise par les limites extérieures des terrassements, axes AA', BB', CC', etc. de la figure ci-dessous., les piquets étant placés en dehors de la zone à terrasser.

Pratiquement, le piquetage est réalisé en s'appuyant sur des repères connus. Lors de l'exécution des terrassements, on contrôle la progression par nivellement régulier du fond de fouilles en s'appuyant sur l'un des points de la polygonale de base.

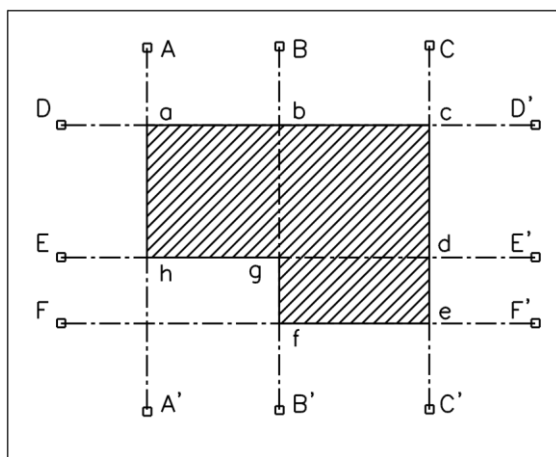


Figure 20 : Piquetage d'un bâtiment

Une chaise d'implantation est constituée d'une latte horizontale fixée à deux piquets. La face supérieure de la latte horizontale est positionnée à une altitude donnée (trait de niveau) et on y plante des clous qui matérialisent les axes de la construction. Les chaises sont donc placées autour de la construction, en retrait, de manière à ne pas gêner les travaux.

De plus, il faut veiller à régler les lattes de chaque chaise d'un même axe à la même altitude.

Ces altitudes sont décalées de quelques centimètres (5 cm par exemple) d'une paire de chaise à l'autre pour éviter les interférences entre cordeaux.

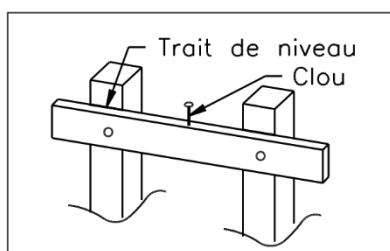


Figure 21 : Chaise d'implantation

Les chaises matérialisent en général l'axe longitudinal du bâtiment, l'axe des fondations et des murs à implanter. Elles sont plantées en retrait de la zone de travaux à 2 m et les cordeaux ou fils de fer tendus entre les chaises représentent les axes à implanter

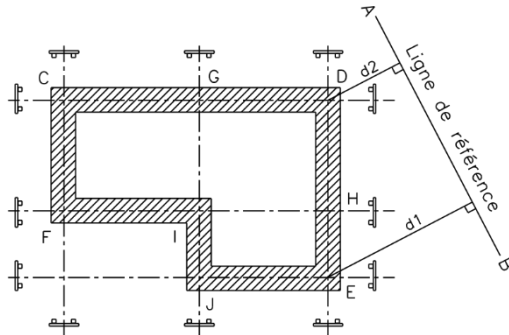


Figure 22 : Position des chaises d'implantation

Le positionnement des chaises est réalisé comme suit : dans le repère local associé au chantier, souvent une simple ligne de base ou un ouvrage existant, l'opérateur calcule la position de deux points d'axe qu'il reporte sur le terrain. Par exemple les points D et E (figure 28) placés à partir de la ligne de base AB en prenant les cotes sur le plan d'implantation du bâtiment. Les autres axes sont construits par jalonnement (alignements, perpendiculaires, parallèles) à partir de l'axe DE. Il en déduit la position des chaises en prolongeant les alignements.

Pour l'implantation planimétrique à l'aide de la station totale, On stationne sur le point B en visant la référence au point A et puis il suffit d'implanter les points.

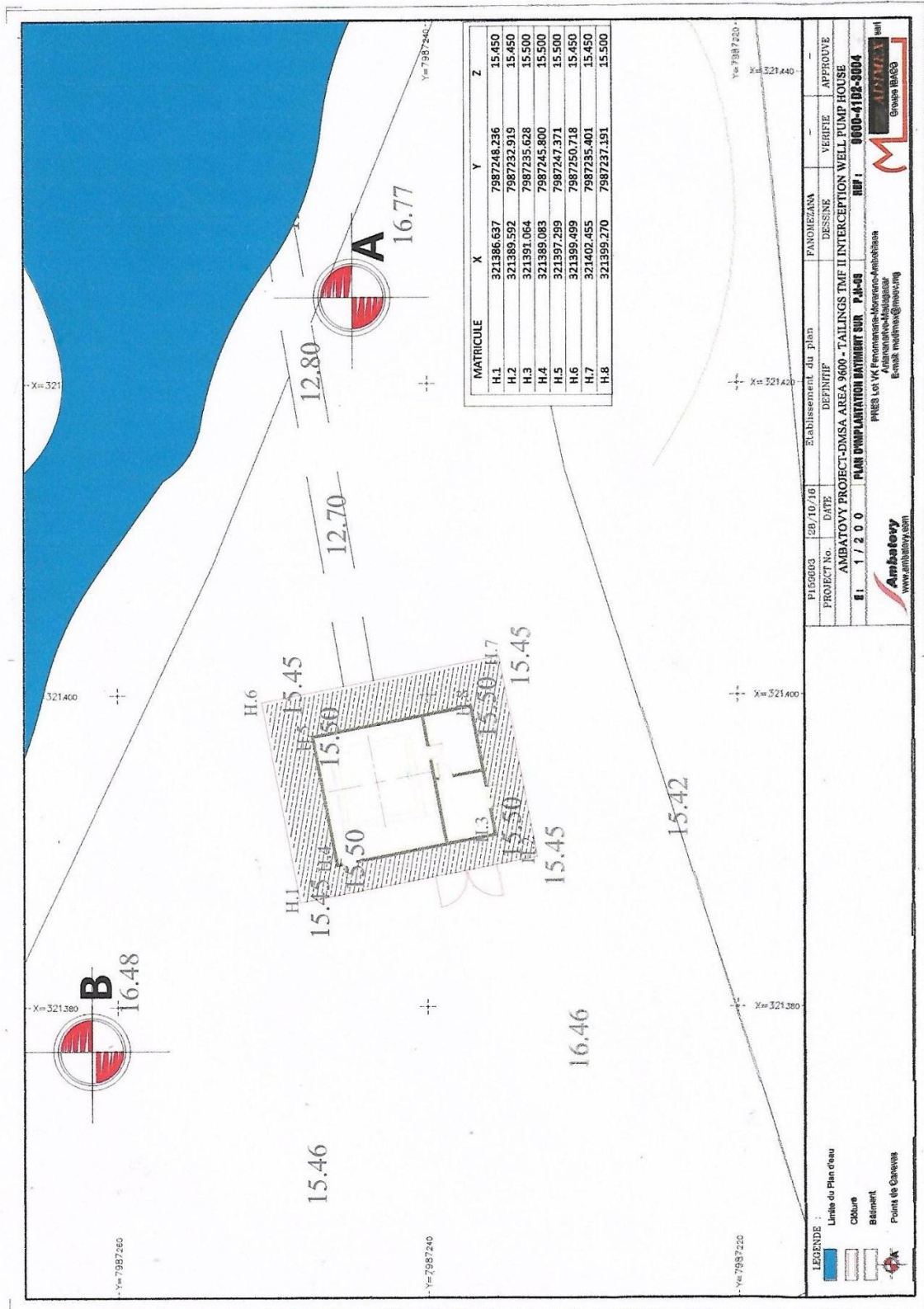
Pour l'implantation altimétrique, on a utilisé le niveau automatique. On stationne le niveau au milieu de la référence (au point A) et le point à implanter, en visant la mire placée en A et puis sur le point à implanter.

On lit sur la mire en A : L_A . Pour avoir la cote du point à implanter, on doit lire sur la mire :

$$L = Z_A - Z + L_A$$

Voici le plan d'implantation du bâtiment :

Plan 6 : Plan d'implantation du bâtiment



PARTIE IV : EVALUATION FINANCIERE ET ETUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTALE

I. Coût de la conception du projet

Le coût de la réalisation de ces études concerne toutes les charges relatives aux travaux topographiques, les traitements des données et la conception des infrastructures.

A. Coût des ressources humaines durant les travaux sur terrain

Le coût estimatif des travaux topographiques effectués est obtenu en utilisant les prix unitaires de chaque consommation en matériaux et matériels ainsi que les ressources humaines qui réalisent ces travaux. L'estimation du coût fait partie du cadre du Bordereau au Détail Estimatif, dont la récapitulation est la suivante :

Désignation	Quantité	Prix Unitaire(Ar)	Temps d'exécution (jours)	Montant total (Ar)
Ingénieur topographe	1	200.000	120	24.000.000
Ingénieur Hydraulicien	1	200.000	120	24.000.000
Ingénieur d'étude Conducteur des travaux : conception de l'ouvrage, et des ferraillements et coffrages	1	200.000	120	24.000.000
Ouvriers	12	30.000	120	43.200.000
Manœuvres	15	10.000	120	18.000.000
Déplacement	1	100.000	120	12.000.000
Restauration	1	100.000	120	12.000.000
Total				157.200.000

Tableau 19 : Récapitulatif du coût des ressources humaines

Ces 120 jours correspondent aux études de 5 barrages de récupération et de 5 stations de pompes

B. Coût des matériels utilisés

Désignation	Quantité	Prix Unitaire(Ar)	Temps d'exécution (jours)	Montant total (Ar)
Matériaux				
Fer rond Ø 8mm	5.000 barres	7.500	-----	37.500.000
Ciment	2.000 sacs	21.000	-----	42.000.000
Sable	5.000m ³	15.000	-----	75.000.000
Gravillon	3.000m ³	20.000	-----	6.000.000
Tourelle	4	7.000	-----	28.000
Marteau	4	9.000	-----	36.000
Pelle	8	12.000	-----	96.000
Clous	500kg	2.500	-----	1.250.000
Matériels				
Niveau	1	30.000	120	3.600.000
Station totale avec accessoire	1	50.000	50	2.500.000
Ordinateur portable	3	30.000	90	8.100.000
Total				176.110.000

Tableau 20 : récapitulatif du coût des matériels utilisés

C. Devis estimatif global du projet

Infrastructures	Montant total (Ar) avec TVA
Terrassement	800 000 000
Barrage	500 000 000
Station de pompage	5 000 000 000
Eclairage	1 600.000
Levé topographique	7 500 000
TOTAL	6 309 100 000

Tableau 21 : Récapitulatif du devis estimatif du projet

II. Impact environnemental

A. Généralités sur l'impact environnemental

L'impact sur l'environnement est l'un des critères de validation de l'opportunité du projet et du choix de son site d'implantation ; c'est donc une forme d'étude d'impact du projet qui est à réaliser. A ce stade d'étude, il convient de repérer les contraintes majeures susceptibles d'être rencontrées en phase de la réalisation.

Dans la phase de conception, les concepteurs devront prévoir de nouvelles prescriptions ou exigences environnementales. Les études préalables menées en amont lors de la phase de l'élaboration de l'opération comporteront donc les investigations nécessaires pour que ces exigences soient adaptées en fonction du site et du projet.

B. Définitions

1. L'environnement

Dans la charte de l'environnement Malagasy, c'est l'ensemble des milieux naturels et artificiels y compris les milieux humains et les facteurs sociaux et culturels qui intéressent le développement.

2. L'Impact

C'est la différence entre le changement d'une valeur d'état suite à des actions et le changement de cette même valeur sans actions. Il y a des impacts positifs et des impacts négatifs.

3. Analyse des impacts environnementaux

Chaque activité qu'on a proposée auparavant génère l'impact respectif sur un milieu considéré.

Les impacts étudiés concerneront :

- ✓ la création des nouvelles infrastructures
- ✓ l'exploitation de celles existantes

Le tableau ci-après résume :

SOURCE D'IMPACT	RECEPTEUR D'IMPACT
Phase préparatoire	
Occupation des terrains	Population, zones sensibles,...
Préparation du site, aménagement	Population, eau, air et sol, espace naturel, faune, flore, économie, culture.
Phase de construction	
Terrassement	Population, eau, air, sol, paysage, habitat, faune et flore.
Construction des bâtiments et des infrastructures	Population, eau, air, sol, paysage, faune, flore, activités économiques et socio-culturelles.
Phase d'exploitation	
Présence des nouvelles infrastructures	Population, eau de surface et nappe phréatique, air, faune, flores terrestres et aquatiques, activités économiques et socio-culturelles.

Tableau 22 : Source et récepteur d'impact

Pour le milieu humain, les impacts sont résumés dans le tableau ci-après :

Impact	Négatif	Positif
Santé	Maladie causé par la stagnation des eaux laissées par le chantier.	Condition de vie de population agréable.

Tableau 23 : Impacts sur le milieu humain

Pour le milieu physique, voici les impacts avec leur nature :

Impacts	Négatifs	Positif
Sol	• Destruction du sol pour le remblai • Erosion des sols dans les zones d'empreintes. • Tassement du sol dû à la • circulation des personnes et des véhicules.	zone à l'abri des inondations.
Eau	• Pollution des eaux superficielles et souterraines. • Changement de la qualité d'eau par contamination par les polluants chimiques, le rejet des terres de déblayage dans l'eau.	
Paysage	• Modification du paysage à cause de l'insertion des autres paysages décoratifs	Création d'un nouveau paysage
Faune et flore	• Destruction et dégradation de la végétation en raison de la présence du chantier. • Destruction de la faune ainsi que son habitat. • Perte de biodiversité.	Création d'une nouvelle zone verte

Tableau 24 : Impact sur le milieu physique

C. Mesures d'atténuations

Avant de réaliser le projet, il faut tenir compte des mesures d'atténuations.

Même s'il y a des impacts positifs et négatifs, on peut quand même réaliser le projet en tenant compte des mesures d'atténuation.

	Sources d'impact	Impacts environnementaux	Mesures d'atténuation
A V A N T	Installation de Chantier	- Pollution et dégradation de l'environnement - Accident ayant venir à la sortie de l'enceinte l'installation - Inconscient de la population locale	- Sensibilisation de la population - Implantation de panneaux préventifs pour éviter les dangers particuliers lors de la sortie de camion, limitation de vitesse. - Respect de distances entre les villages ou centres d'agglomération et l'enceinte. - Visite de courtoisie.
P E N D A N T	Travaux sur la construction et le terrassement de la zone d'étude	-Complication des voies publiques - Destruction de l'esthétique du paysage -Perturbation de l'activité des paysans	- Aménager des endroits spécialement destinés pour stocker les produits de décapage et de terrassement. - Port obligatoire des gants et du casque pour les ouvriers. - Installer les dispositifs nécessaires pour éviter les éboulements et glissements de terrains et limiter l'érosion.
L E S T R A V A U X	Camion et décharge des matériaux	-Pollution des eaux - Dégagement de poussière : affection respiratoire pour l'homme - Bruits poussières au niveau des villages - Accident	- Humidification des matériaux dès leur chargement et en cours d'épandage. - Placer en permanence des agents de surveillance pour écarter les attroupements et organiser le camion.
A P R E S	-Vitesse excessive -Installation de chantier -plateforme de stockage des matériaux	-Accidents - Pollution de l'environnement physique	-Mise en place des panneaux et des marges sur les chaussées ; - Suppressions de toutes les installations provisoires et cession au profit des collectivités Décentralisées des constructions bâties (bureau de chantier). - Remise en état des abords de chantier.

Tableau 25 : Impacts environnementaux et mesure d'atténuation

CONCLUSION

En guise de conclusion, ce projet est très intéressant pour la route qui relie le « TAILINGS » (Gestion de déchets) à la RN2. La construction du barrage est une solution immédiate pour éviter la dégradation des pistes. Mais la station de pompage est nécessaire pour un remède à long terme pour réduire le volume d'eau dans le bassin de récupération. La station de pompage est une solution nécessaire pour parvenir la dégradation de la route.

En effet, le levé topographique est une des bases de la réalisation d'un tel projet. Le projet demande une précision de 10cm en planimétrie et de 1cm en altimétrie. Après les études topographiques, on a pu réaliser les plans à une échelle de 1/1000 pour le terrain naturel. La précision nécessaire à l'implantation des fondations de ce type d'ouvrage oblige à utiliser essentiellement une station totale, d'autant que ce type de chantier est toujours de grande étendue. L'implantation s'effectue par rayonnement depuis un micro canevas de stations déterminées en repère général ou local. Les données topographiques sont importantes pour l'entreprise afin de procéder à l'implantation des ouvrages, de contrôler, de faire le suivi des travaux de terrassement et de gérer le coût des travaux. Les études topographiques sont donc indispensables à tous les travaux de Génie Civil que ce soient depuis le début de l'étude d'avant-projet ou à la phase de la réalisation.

La contribution du géomètre est indispensable dans un tel projet pour l'établissement des plans topographiques et plan d'implantation, voire même jusqu'à la maîtrise d'œuvre du projet de construction. Des nouvelles stratégies pourront être adoptées afin d'améliorer la qualité de service et de mener à terme le projet dans un délai bien déterminée et de cout moins cher, comme l'étude et l'infrastructure du grand bassin pour qu'on empêche la fuite d'eau car elle est l'ennemie de la route.

En fait, la réalisation de ce projet est un œuvre grandiose à mon avis. Je souhaite faire plus tard des travaux topographiques pour d'autres projets afin d'élargir mes expériences personnelles.

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

- [1] René BAYON : « VRD - terrassements - Espaces verts », Eyrolles - Novembre 2005.
- [2] Gérard KARSENTY : « Guide pratique des VRD et aménagement extérieure », Eyrolles 2004.
- [3] COSTE Christian, LOUDET Maurice L' Assainissement en milieu urbain ou rural, Tome1 : Les réseaux et les ouvrages de retenue. Edition du Moniteur, Paris 1991.
- [4] COSTE Christian, LOUDET Maurice LES TERRASSEMENTS ET LES FONDATIONS Edition du Moniteur, Paris Mai 1980.
- [5] Ministère des Relations extérieures : Coopération et Développement Manuel d'Urbanisme pour les pays en développement. Volume 5, 2004.
- [6] ADRAIT et SOMMIER : Guide du dessinateur de bâtiment, édition HADHETTE, Paris 1999.
- [7] Serge MILLES et Jean LAGOFUN : Topographie et Topométrie modernes (Tome 1 et Tome 2) Éditions Eyrolles, 1982.
- [8] Michel BRABANT : « Maîtriser la topographie », Eyrolles – 2003
- [9] Ministère des Travaux Publics et de la météorologie : code de l'Urbanisme et de l'habitat, 1964.
- [10] Ministère des Travaux Publics et de la météorologie : étude juridique de l'urbanisme à Madagascar, 1964.

REFERENCE WEBOGRAPHIE

[A] http://www.fao.org/fishery/static/FAO_Training/FAO_Training/General/x6708f/x6708f01.htm

[B] <http://www.esgt.cnam.fr>, 10 Mars 2017 (Site de l'école Supérieure de Géomètre Topographe, France)

ANNEXES

ANNEXE 1 : CARACTERISTIQUES DES APPAREILS

✚ Station totale TCR 1205 de LEICA :

Mode laser ou infrarouge avec prisme, station robotisée

Mesure distance (mode IR) – précision mesure standard 2mm + 2ppm

Portée : avec réflecteur 360° : 2000m dans les conditions normales

Mesure d'angle sur Hz et V, précision 1,5''

Lunette : G = 30X

Compensateur : type compensateur à liquide, précision de calage 0,5''

Plomb laser : divergence à la verticale 1,5 mm à une hauteur d'instrument de 1,5m

Poids de l'instrument : 4,9 kg

Plage de degré C : mesure fiable de -20° à 50°

Corrections automatiques : erreur ligne de visée, erreur d'index V, erreur d'axe de basculement, inclinaison de l'arc vertical, courbure terrestre, réfraction, excentricité du cercle

Mesure distance : mode (laser) précision jusqu'à 30m : 3mm + 2ppm

Portée : 80m en condition optimale, supérieur à 170m longue portée

Type de laser : laser rouge visible, onde porteuse 0,670 micromètre.

ANNEXE 2 : TABLE LABORDE

TABLE DIRECTE
Donnant distance sur l'ellipsoïde

η_2	$\frac{1}{K} = \frac{D_{\text{ellipsoïde}}}{D_{\text{Projection}}}$	Δ_1	Δ_2
		-	-
160	1,0001.8357	4081	
170	1.4276	4327	246
180	0.9949	4575	246
190	0.5437	4821	248
200	1,000.0553	5068	246
210	0,9999.5485	5351	247
220	9.0170	5561	247
230	8.4609	5808	246
240	7.8801	6055	247
250	0,997.2746	6300	245
260	6.6446	6547	247
270	5.9899	6793	246
280	5.3106	7040	247
290	4.6066	7385	245
300	0,9993.8781	7531	246
310	3.1250	7777	246
320	0,9992.3474		

TABLE INDIRECTE
Donnant distance sur la projection

$k = \frac{D_{\text{Projection}}}{D_{\text{ellipsoïde}}}$	Δ_1	Δ_2	η_2
	+	+	
0,9998.1646	4079		160
8.5725	4327	248	170
9.0052	4574	247	180
9.46262	4821	247	190
0,9999.9447	5068	247	200
1,0000.4515	5316	248	210
0.9831	5563	247	220
1.5394	5810	247	230
2.1204	6057	247	240
1,0002.7261	6304	247	250
3.3565	6552	248	260
4.0117	6800	248	270
4.6917	7046	246	280
5.3963	7293	247	290
1,0006.1256	7541	248	300
6.8797	7788	247	310
1,0007.6585			320

Tableau de coefficient abaque de $k * k_0$

ANNEXE 3: TRAITEMENT SOUS COVADIS (MNT, CALCUL DE CUBATURES....)

CALCUL DE CUBATURES ENTRE DEUX MODELES NUMERIQUES DE TERRAIN

Opération effectuée : calcul brut

Caractéristiques des modèles numériques

Calque MNT1	prjMNT
Calque MNT2	TN_MNT

	MNT 1	MNT 2
Nombre de faces	59	104
Altitude mini	15.500	15.570
Altitude maxi	28.190	28.188
Surface totale	2106.64 ₂	1866.25 ₂
2D Surface totale	2315.56 ₂	2279.67 ₂
3D Surface utile	1749.69 ₂	1749.69 ₂
2D Surface utile	1942.77 ₂	2138.04 ₂
3D Surface utile		

Résultats du calcul de cubatures MNT1 → MNT2

Surface	
s 2D	
Avec	224.34 ₂
déblai	
Avec	1525.35 ₂
remblai	
Sans	0.00 ₂
écart	
Total	1749.69 ₂

Volu	
mes	
Débl	179.997 ₃
ai	
Rem	3186.792 ₃
blai	
Tota	3366.789 ₃
l	

Surface	
s 3D	
Avec	266.10 ₂
déblai	
Avec	1676.67 ₂
remblai	
Sans	0.00 ₂
écart	
Total	1942.77 ₂

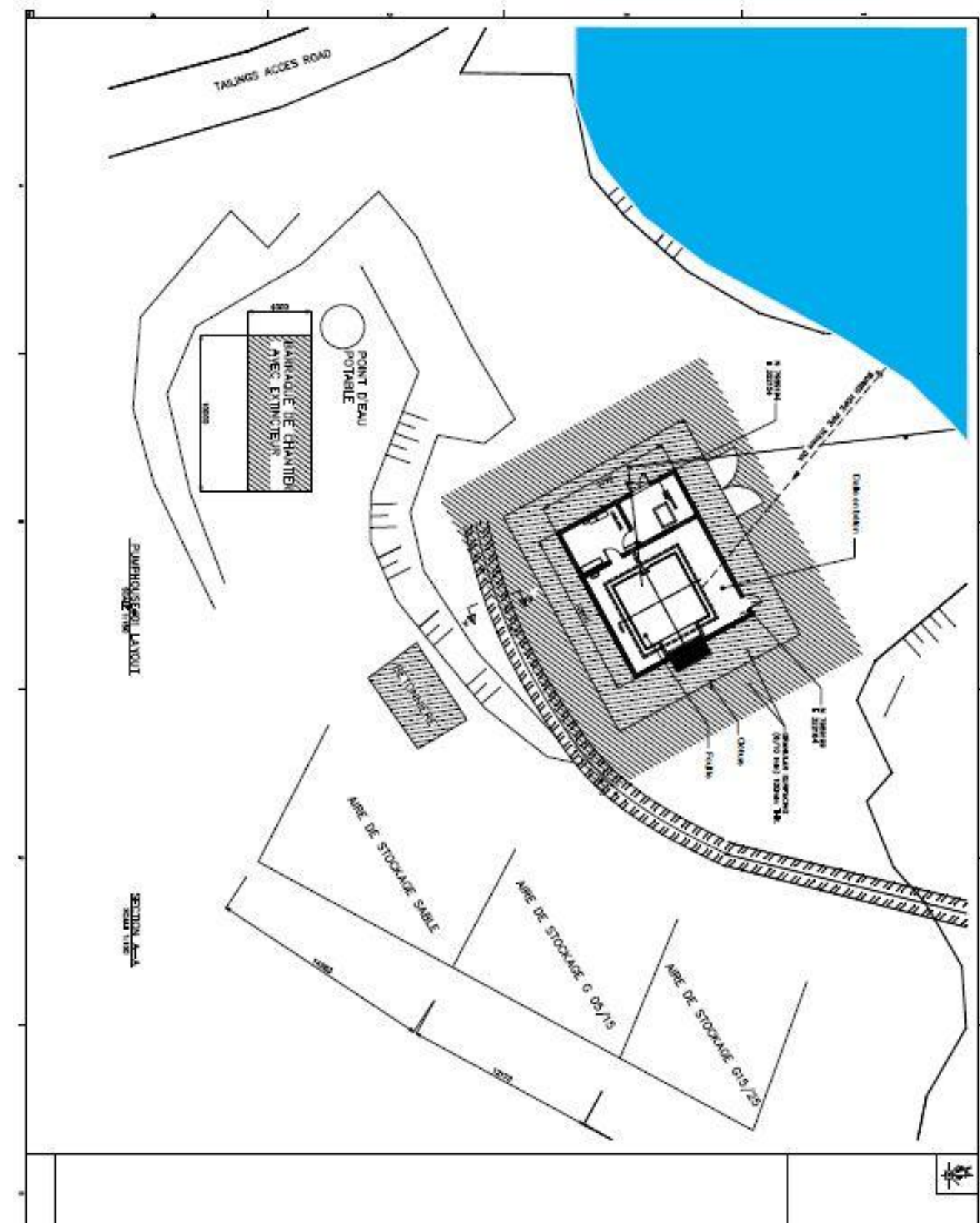
ANNEXE 4 : TABLEAU DE CALCUL DE PIPE

	PH1		PH2		PH3		PH4		PH5	
	<i>Lecture</i>	<i>Z</i>	<i>Lecture</i>	<i>Z</i>	<i>Lecture</i>	<i>Z</i>	<i>Lecture</i>	<i>Z</i>	<i>Lecture</i>	<i>Z</i>
Barrage	3210	12.9	3950	13.4	3090	14.33	3310	11.15		14
Pipe ext	3705	12.405	3600	13.05	3640	13.78	3770	10.69	3300	12.635
Pipe int		11.71		12.5		13.05		10.22		11.95
Fond de bassin		10.91		11.7		12.25		9.42		11.15
Dalle	238	16.11	1310	15.7	1060	16.2	1040	13.42	185	15.75
Longueur pipe	36		17.5		28		25		20	
Hauteur bassin	5.2		4		3.95		4		4.6	
Pente pipe	1.930555556		3.142857143		2.607142857		1.88		3.425	

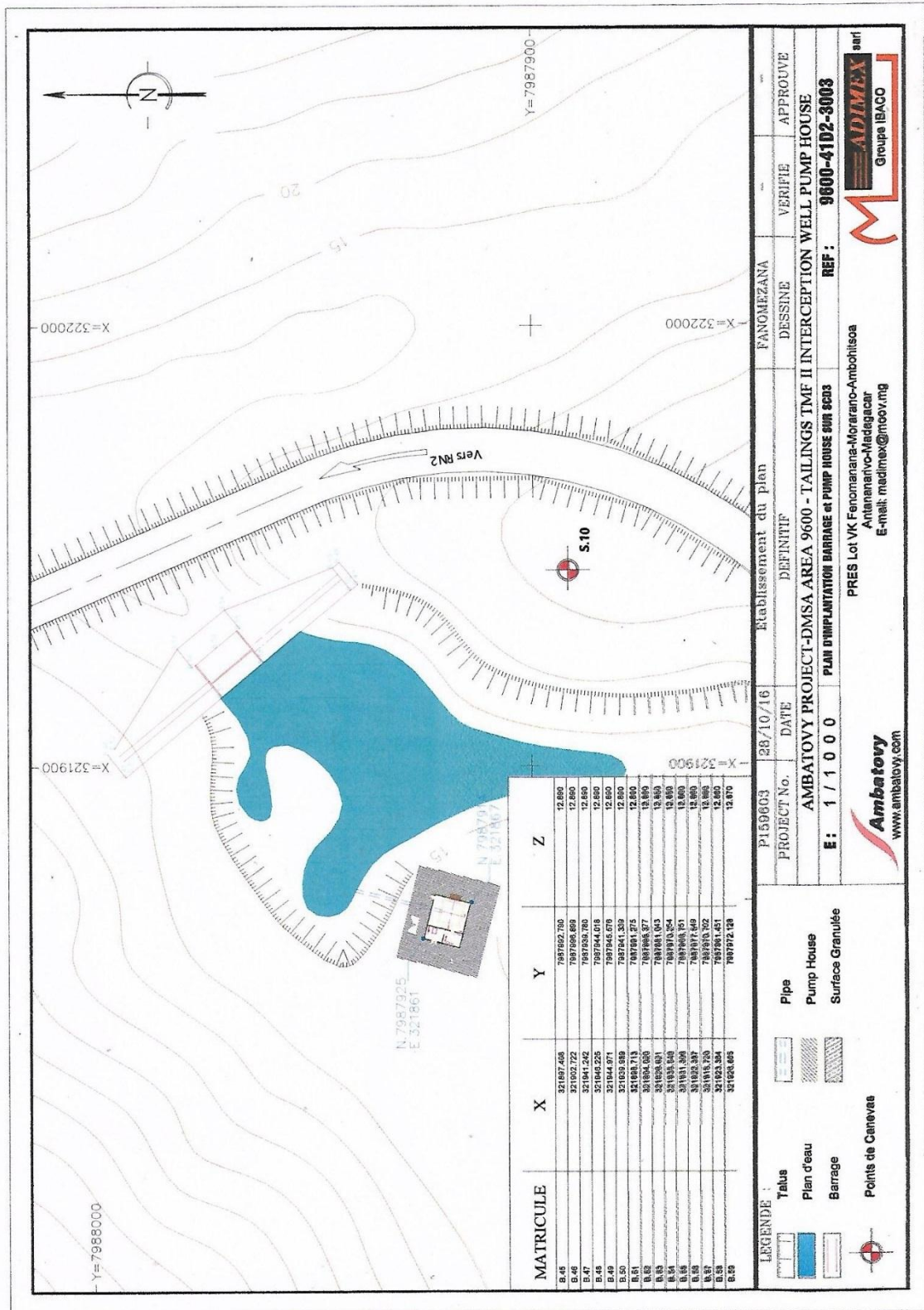
ANNEXE 5 : PLAN D'INSTALLATION DU CHANTIER

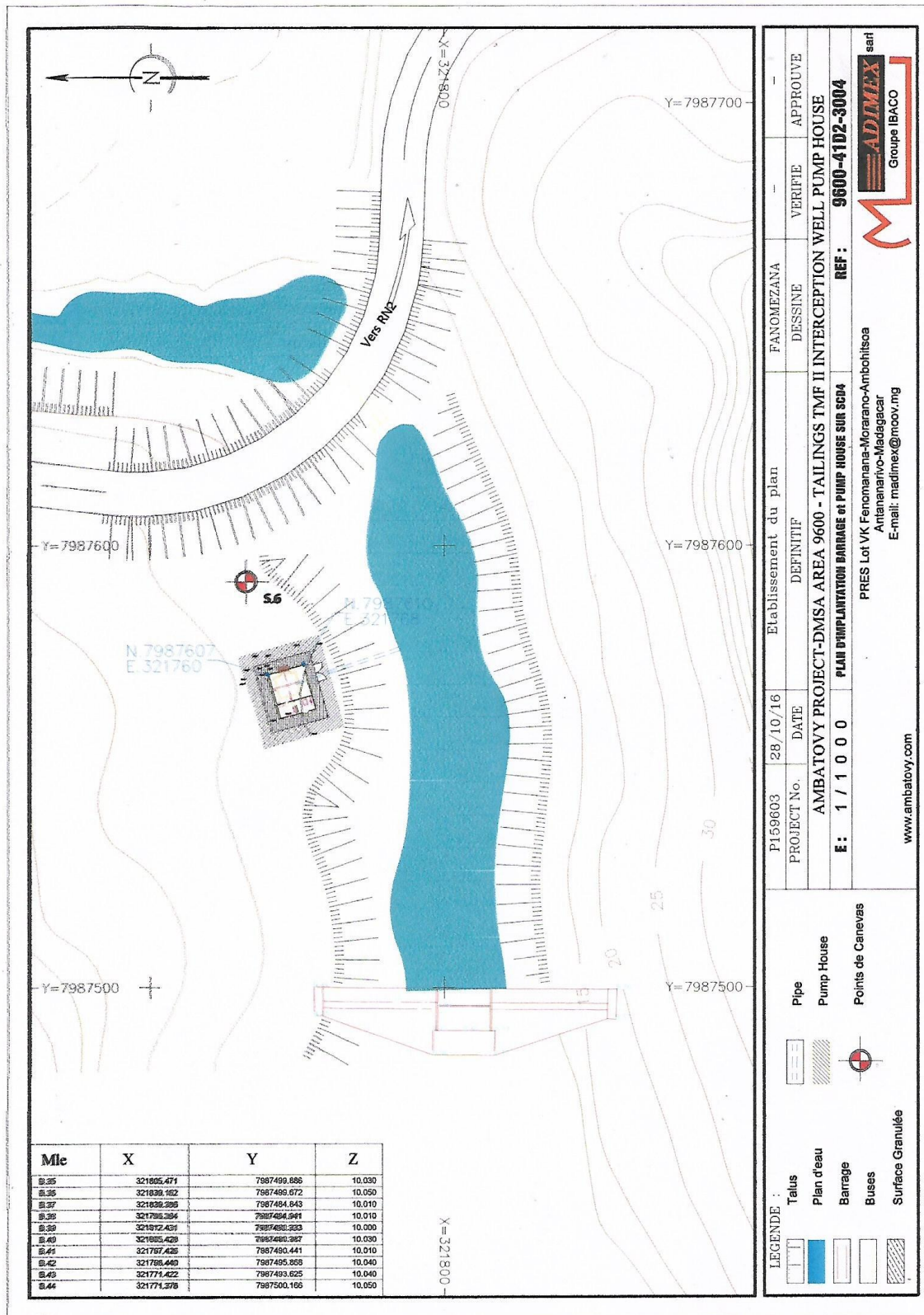
Afin de mieux circuler sur le site et pour l'organisation dans le chantier, il faut élaborer un plan d'aménagement permettant de mettre en œuvre des types de groupements visant à une utilisation optimale de l'espace.

De plus on cherche à construire des voies d'accès les plus courtes possibles mais aptes à desservir toutes les parcelles. Enfin, pour harmoniser les impressions visuelles.

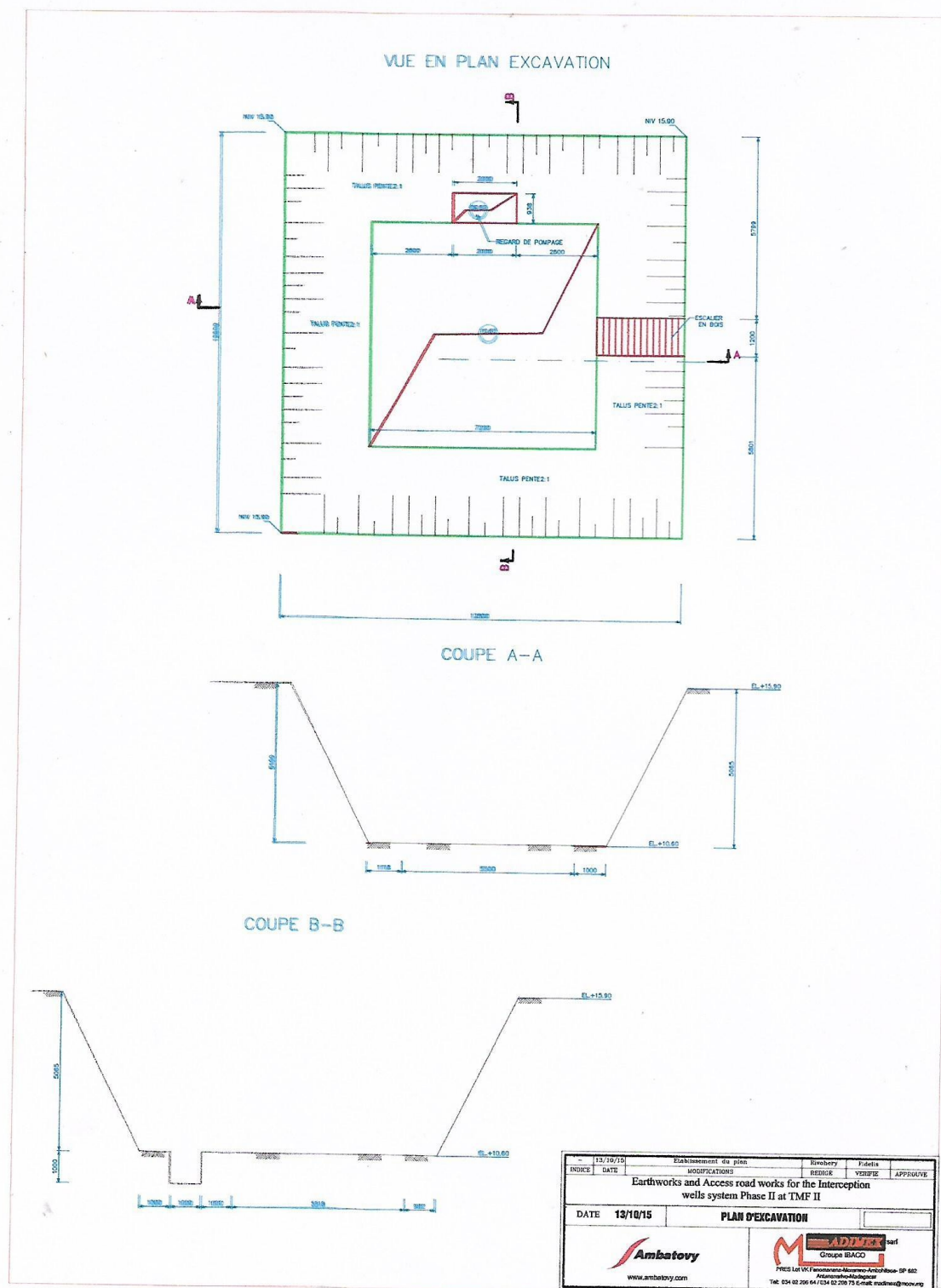


ANNEXE 6 : PLANS D'IMPLANTATIONS DES 4 BARRAGES DE RECUPERATION ET 4 STATIONS DE POMPAGE





ANNEXE 7 : PLANS D'EXCAVATION



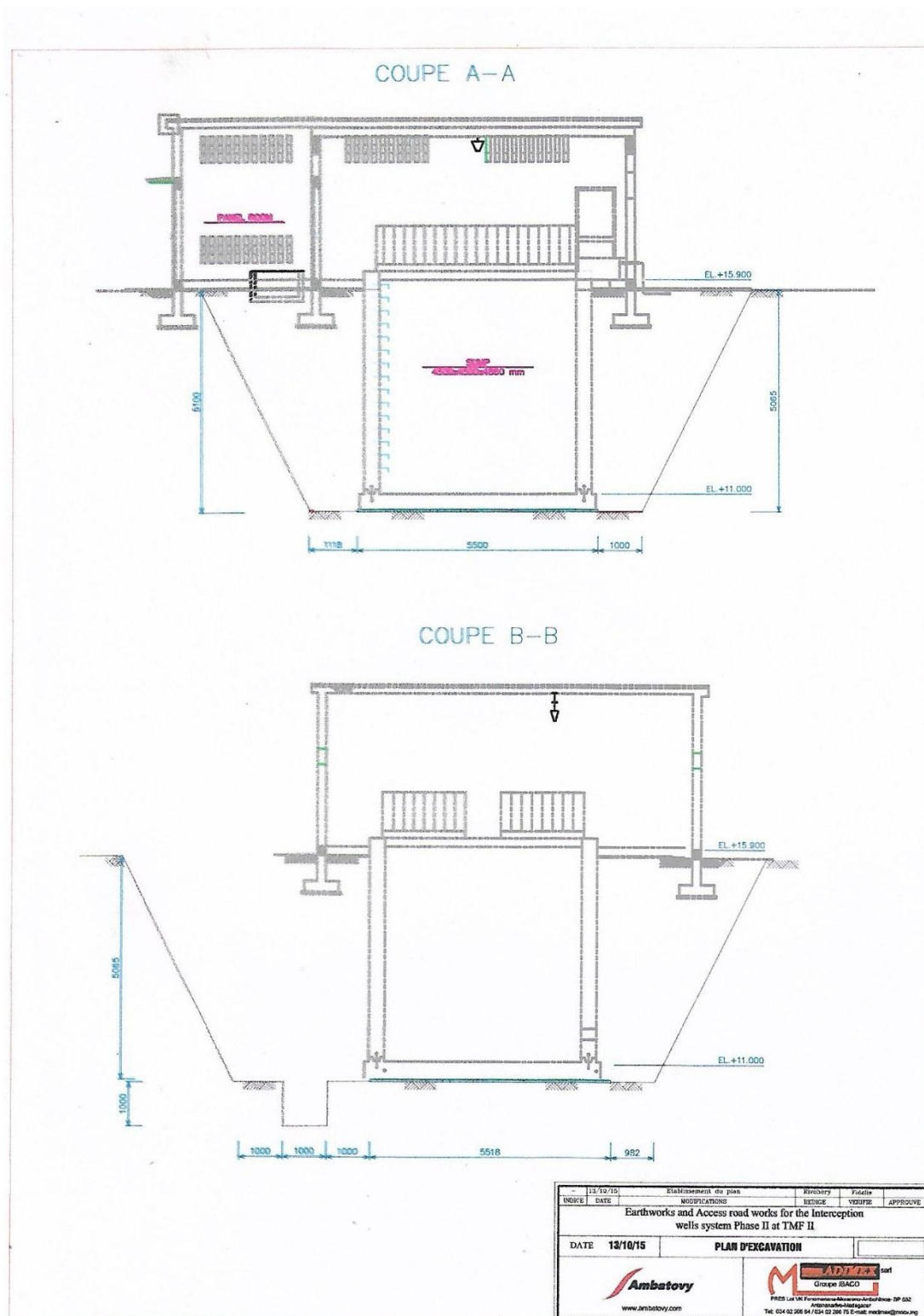


TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS	i
SOMMAIRE.....	ii
ABREVIATIONS ET ACRONYMES.....	iii
LISTE DES FIGURES	v
LISTE DES CARTES	vi
LISTE DES PHOTOS	vi
LISTE DES PLANS	vi
LISTE DES TABLEAUX	vii
INTRODUCTION	1
Partie I : GENERALITES DES TRAVAUX	2
I. <i>Présentation des travaux</i>	3
A. Présentation de l'entreprise	3
B. Présentation de l'étude	3
1. Contexte	3
2. Objectifs	3
3. Méthodologie	3
4. Résultat attendu	4
C. Localisation des travaux	4
1. Description des travaux	4
2. Carte de localisation	5
D. Monographie de la zone	7
1. Historique de la commune.....	7
2. Localisation	7
3. Caractère physique	7
a. Relief	7
b. Réseau hydrographique	7
c. Situation météorologique de la zone	7

d. Sol.....	8
<i>II. Généralités sur la « pump house ».....</i>	<i>9</i>
A. Définition	9
B. Méthode.....	9
1. Les grandes lignes du projet.....	9
C. Fonction.....	10
D. But	10
<i>III. Généralités sur le barrage de récupération.....</i>	<i>11</i>
A. Définition et Généralités [1].....	11
B. Phase de l'étude d'implantation	12
C. Mise en place d'un batardeau.....	12
D. Préparations des fondations.....	12
E. Construction des ouvrages [3].....	13
F. Calcul du volume de stockage.....	13
G. Objet d'une étude de barrage	14
Partie II : ETUDES TOPOGRAPHIQUES	16
<i>I. Etude de l'emplacement du projet.....</i>	<i>17</i>
A. Etude de l'emplacement du barrage	17
B. Pour l'emplacement de la station de pompage.....	18
C. Pour le terrassement	18
<i>II. Travaux topographiques</i>	<i>18</i>
A. Travaux de préparation.....	18
B. Travaux sur terrain	18
1. La Reconnaissance	18
2. Mise en place des points polygonaux et de station	18
3. Les appareils utilisés	19
4. Etalonnage [7] [8].....	20
a. Généralités.....	20
b. Ajustement et contrôle	21
c. Moyen personnel et matériel :	23
d. Mesure d'angle.....	23
e. Mesure de distance	23

5.	Calcul de la polygonation [7] [8]	25
6.	Transmission du gisement.....	26
7.	Calcul de distance.....	27
	☐ Application.....	28
	☐ Interpolation.....	28
8.	Calcul de cheminement	31
9.	Détermination Altimétrique [4].....	33
10.	Levé de détails.....	36
	a. Levé planimétrique et altimétrique.....	36
	b. Méthodes du levé	36
	c. Croquis de levé	36
	d. Moyen matériel et personnel.....	37
	e. Exportation des données de l'appareil	38
	f. Traitement sur le logiciel AUTOCAD CIVIL 3D [6]	39
	☐ Importation des points	39
	☐ Mise au net de dessin 2D	39
	☐ Calcul de MNT et de la Courbe de Niveaux.....	39
	g. Plan Terrain Naturel TN.....	39
11.	Calcul de cubatures	41
PARTIE III : ETUDE DES TRAVAUX D'INFRASTRUCTURE		42
I.	<i>Barrage de récupération</i>	43
A.	Règles de la conception.....	43
B.	Estimation du débit décennal [9].....	43
	1. Méthode déterministe de RODIER ET AUVRAY	43
	a. Hypothèses de base	43
	b. Méthode.....	43
	c. Application	44
	2. Passage à la crue de fréquence centennale	45
	3. Débit de projet.....	46
C.	Effet de laminage	46
D.	Dimensionnement du barrage.....	47
	1. Longueur du barrage	47
	2. Profondeur du barrage	47

3. Largeur du barrage	47
E. Systèmes de dérivation pendant la construction	48
F. Méthode de construction	48
II. Station de pompage (pump house)	49
A. Méthode.....	49
B. Fouilles	49
III. Voile	50
IV. Bâtiment [6]	51
V. Implantation [7]	54
A. Méthode d'implantation :	55
B. Terrassement	55
C. Implantation du barrage	58
1. Choix de l'emplacement du barrage.....	58
2. Plan de l'implantation	59
D. Implantation des fouilles	61
Fouille talutée	61
E. Implantation du bâtiment [7].....	64
PARTIE IV : EVALUATION FINANCIERE ET ETUDE D'IMPACT	
ENVIRONNEMENTALE	67
I. Coût de la conception du projet	68
A. Coût des ressources humaines durant les travaux sur terrain.....	68
B. Coût des matériels utilisés.....	69
C. Devis estimatif global du projet	69
II. Impact environnemental	70
A. Généralités sur l'impact environnemental.....	70
B. Définitions	70
1. L'environnement	70
2. L'Impact	70
3. Analyse des impacts environnementaux	70
C. Mesures d'atténuations.....	72
CONCLUSION	74

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE.....	I
REFERENCE WEBOGRAPHIE	II
ANNEXES	III
ANNEXE 1 : CARACTERISTIQUES DES APPAREILS.....	III
ANNEXE 2 : TABLE LABORDE.....	IV
ANNEXE 3: TRAITEMENT SOUS COVADIS (MNT, CALCUL DE CUBATURES....).....	V
ANNEXE 4 : TABLEAU DE CALCUL DE PIPE	VI
ANNEXE 5 : PLAN D'INSTALLATION DU CHANTIER.....	VII
ANNEXE 6 : PLANS D'IMPLANTATIONS DES 4 BARRAGES DE RECUPERATION ET 4 STATIONS DE POMPAGE.....	IX
ANNEXE 7 : PLANS D'EXCAVATION	XIV
TABLE DES MATIERES.....	XVII

Nom : RAMANANJATO

Prénom : Fanomezana



+261 34 63 753 67



ramananjatofanomezana@gmail.com



Lot VR 61 B Mahazoarivo Antananarivo



TRAVAUX TOPOGRAPHIQUES POUR LA CONSTRUCTION DE BARRAGE ET « PUMP HOUSE » SUR LE CHANTIER « TAILLINGS II » A TOAMASINA

Nombre de pages : 75

Nombre de cartes : 2

Nombre de figures : 22

Nombre de Photos : 2

Nombre de Plans : 6

Nombre de Tableaux : 25

RESUME

Ce mémoire réalise la construction de l'un des 5 barrages de récupération et l'un des 5 stations de pompage pour éviter la dégradation de la route à cause des fuites d'eau venant du grand bassin qui contient divers déchets et des boues d'Ambatovy.

Ce travail nous montre l'importance des travaux Topographiques dans tous les travaux de génie civil. L'utilisation des outils modernes et des méthodes adéquates nous a permis non seulement d'accélérer les travaux mais aussi d'obtenir des meilleurs résultats en termes de productivité et de rentabilité.

Mots clés : fouille, fondation, implantation, lever topographique, barrage, station de pompage.

ABSTRACT

This memorandum realize the building one of 5 dams and one of 5 pump house to prevent the degradation of the road because of water leaks from the large basin that contains various Ambatovy waste and sludge.

This work shows us the importance of the Topographic surveys in all work of civil engineering .The use of the modern Tools and the adequate methods enabled us not only to accelerate work and to obtain better results in term of productivity and profitability.

Keywords: excavation, foundation, implantation, Topographical survey, dam, pump house

Encadreur : Monsieur RABETSIAHINY

Contact : +261 32 04 578 57