



ETUDE D'AVANT-PROJET DETAILLE DE L'AMENAGEMENT
D'UN PERIMETRE IRRIGUE VILLAGEOIS DE 275 HA A
KAMANI DANS LA COMMUNE DE DINANDOUGOU (MALI)

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR 2IE AVEC GRADE DE
MASTER

SPECIALITE : GENIE CIVIL ET HYDRAULIQUE (GCH)

OPTION : INFRASTRUCTURES ET RESEAUX HYDRAULIQUE

Présenté et soutenu publiquement le [28/01/2021] par :

Tidiane DJIRE (N° 20120682)

Travaux dirigés par :

Directeur de mémoire : **Dr Amadou KEITA**, Maitre de conférences, Laboratoire Eaux
Hydrosystemes et Agriculture (LEHSA), Institut 2iE

Maître de stage : **Mahamadou DIALLO**, Ingenieur Hydraulicien à SERTAS-Mali

Jury d'évaluation du mémoire :

Président : **Pr Mahamadou KOITA**

Membres et correcteurs : **M Bassirou BOUBE**
M Moussa KAFANDO

Promotion [2020/2021]

DEDICACE

Je dédie ce mémoire à ma famille.

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier du fond du cœur tous ceux qui ont contribué d'une manière ou d'une autre à l'aboutissement de ce travail. Mes remerciements vont particulièrement à l'endroit des personnes dont les noms suivent :

- ✓ A Monsieur le Directeur Général de la Fondation 2iE
- ✓ Au corps professoral pour les enseignements fournis afin de nous donner une formation d'ingénieur répondant aux standards internationaux ;
- ✓ Au Docteur Amadou KEITA, mon directeur de mémoire, enseignant-chercheur à 2ie pour sa collaboration et sa disponibilité ;
- ✓ A mon encadreur Mahamadou DIALLO pour sa disponibilité et son hospitalité ;
- ✓ A Monsieur Samba KEITA, Directeur General de SERTAS pour sa disponibilité ;
- ✓ A l'ensemble du personnel de SERTAS pour le soutien et l'atmosphère propice à l'apprentissage ;
- ✓ Aux bailleurs de fonds de la Coopération Suisse (DDC) pour avoir financé mes études ;
- ✓ A ma tante Sokona SISSOKO pour son soutien et ses encouragements ;
- ✓ A Monsieur Mamadou THIENTA, Abdoulaye TOURE, CAMARA (SERTAS), pour leurs conseils, critiques et disponibilités ;
- ✓ A Monsieur Daouda SANGARE, Ingénieur hydraulicien, pour sa disponibilité ;
- ✓ A Monsieur Mohamed DIN, Ingénieur en route et ouvrage d'art pour sa disponibilité ;
- ✓ A Monsieur Massourou COULIBALY, Ingénieur hydraulicien pour sa disponibilité ;
- ✓ A toute la communauté Malienne de 2ie.

FICHE TECHNIQUE DU PROJET

Généralités	Titre du projet	Etude d'avant-projet détaillé de l'aménagement d'un périmètre irrigué villageois de 275 ha à kamani dans la commune de dinandougou (mali)
	Secteur d'activités	Aménagement hydro-agricole
	Objet du projet	Contribuer à l'amélioration de la productivité agricole et du cadre de vie des populations locales.
	Montant du projet	1 114 782 101 FCFA HT
	Financement du projet	PRIA-MALI
Localisation du projet	Région	KOULIKORO
	Cercle	KOULIKORO
	Commune	DINANDOUYOU
	Village	KAMANI
	Coordonnées géographiques	708 298,56 1 460 893,64
Périmètre	Superficie nette du périmètre (ha)	375
	Périmètre (ml)	Réseau d'irrigation (13946.22) ; Réseau de drainage (14056.17).
	Nombre de blocs d'irrigation	2
	Superficie parcellaire (ha)	1
	Taille des quartiers hydrauliques (ha)	7
	Nombre de quartiers hydrauliques	4.15 à 11
	Spécifications	Riz, tomate, oignon et piment
	Gestion du périmètre	Comité de gestion
	Exploitants	1207 répartis entre 185 UPA

RESUME

Dans les pays du sahel et plus particulièrement au Mali, l'activité agro-sylvo-pastorale constitue un facteur clé du développement économique. Pour développer ce secteur, il sera donc nécessaire de mettre en place des structures d'exploitations modernes permettant ainsi d'atteindre la sécurité alimentaire et de lutter contre la pauvreté au Mali. L'enjeu principal reste la garantie de la compétitivité de la production agricole, en particulier au niveau du riz par rapport aux importations.

Le présent mémoire a consisté à l'élaboration de l'étude d'Avant-Projet Détaillé de l'aménagement d'un périmètre irrigué villageois de 275 ha à Kamani dans la commune de Dinandougou, entrent dans le cadre du Projet de Renforcement de la Résilience à l'Insécurité Alimentaire au Mali (PRIA-MALI). Pour aboutir aux résultats, une visite de terrain a été effectuée suivi des études techniques et une évaluation d'impacts environnementaux et sociaux. Le débit d'équipement retenu pour le dimensionnement du réseau est de 2.21 l/s/ha avec une main d'eau de 15 l/s. Le sol de la zone est de type argileux-sableux avec une infiltration moyenne de 1.87 mm/h. Le réseau projeté sous irrigation gravitaire comprendra : Une station de pompage équipée de quatre électropompes, alimentant un réseau d'irrigation, composé de deux conduites principales d'une longueur total de 1903.24 m, des canaux secondaires et tertiaires, un drain principal (collecteur existant) de 2763.83 ml, des ouvrages de prises, de franchissements, de régulation de plan d'eau et de prélèvement de débit et des pistes de desserte. Le cout total du projet s'élève à un milliard cent quatorze millions sept cent quatre-vingt-deux mille cent un (1 114 782 101) FCFA soit quatre millions quatre-vingt-quinze mille neuf cent quatre (4 095 904) FCFA à l'hectare. Nous recommandons pour un bon fonctionnement du réseau de veiller à la mise en œuvre des résultats de la présente étude lors de l'exécution des travaux.

Mots clés :

- ✓ Périmètre irrigué villageoise
- ✓ Kamani
- ✓ Canal
- ✓ Aménagement
- ✓ Ouvrage

ABSTRACT

In the Sahel countries and more particularly in Mali, agro-sylvo-pastoral activity is a key factor in economic development. To develop this sector, it will therefore be necessary to put in place modern operating structures to achieve food security and fight against poverty in Mali. The main stake remains the guarantee of the competitiveness of agricultural production, in particular at the level of rice compared to imports.

This thesis consisted in the development of the Detailed Pre-Project Study of the development of a village irrigated perimeter of 275 ha in Kamani in the municipality of Dinandougou, within the framework of the Project for the Strengthening of Resilience to Food Insecurity in Mali (PRIA-MALI). To achieve the results, a field visit was carried out followed by technical studies and an assessment of environmental and social impacts. The equipment flow rate selected for the sizing of the network is 2.21 l / s / ha with a water supply of 15 l / s. The soil in the area is clay-sandy with an average infiltration of 1.87 mm / h. The projected network under gravity irrigation will include: A pumping station equipped with four electropumps, supplying an irrigation network, made up of two main pipes with a total length of 1903.24 m, secondary and tertiary canals, a main drain (existing collector) of 2763.83 ml, works of intakes, crossings, regulation of water body and flow abstraction and service tracks.

The total cost of the project amounts to one billion one hundred and fourteen million seven hundred and eighty-two thousand one hundred and one (1,114,782,101) FCFA or four million ninety-five thousand nine hundred and four (4,095,904) FCFA to per hectare. We recommend for the proper functioning of the network to ensure the implementation of the results of this study during the execution of the works.

Keywords:

- ✓ Village irrigated perimeter
- ✓ Kamani
- ✓ Channel
- ✓ Planning
- ✓ Work

LISTE DES ABREVIATIONS

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

PRIA-MALI : Projet de Renforcement de la Résilience à l'Insécurité Alimentaire au Mali

SERTAS : Société d'Etude, Recherche et de Technologie Adaptées pour le Sahel

BID : Banque Islamique de Développement

PNIS : Plan National d'Investissement Stratégique du Mali

GDTE : Gestion Durable des Terres et de l'Eau

PIV : Périmètre Irrigués Villageoise

APD : Avant-Projet Détaillé

APS : Avant-Projet Sommaire

FAO : Food and Agriculture Organisation

WGS84 : World Geodetic System (système géodésique mondial) révision de 1984

UTM : Universal Transverse Mercator

GPS : Global Positioning System

IGM : Institut Géographique du Mali

CIEH : Comité Interafricain des Etudes Hydrauliques

IGN : Institut Géographique National

PIB : Produit Intérieur Brut

R.F.U : Réserve Facilement Utilisable

LOA : Loi d'Orientation Agricole

MNT : Modèle Numérique de Terrain

PIRT : Projet Inventaire des Ressources Terrestres

RGPH : Recensement Général de la Population et de l'Habitat

IGN : Institut Géographique National

SOMMAIRE

DEDICACE.....	i
REMERCIEMENTS	ii
RESUME.....	iii
ABSTRACT	v
LISTE DES ABREVIATIONS	vi
SOMMAIRE	vii
LISTE DES TABLEAUX.....	x
LISTE DES FIGURES.....	x
I. INTRODUCTION	1
II. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL ET DE LA ZONE D'ETUDE...	2
II.1. Présentation de la structure d'accueil	2
II.2. Présentation de la zone d'étude	2
III. PRESENTATION DU PROJET	4
III.1. Contexte et justification.....	4
III.2. Objectif global du projet.....	5
III.3. Objectifs spécifiques.....	5
IV. MATERIEL ET METHODES	5
IV.1. Matériels et outils utilisés	5
IV.2. Méthodologie pour la conduite de l'étude	6
IV.2.1. Collecte des données :	6
IV.2.2. Visite de terrain	6
IV.2.3. Etude topographique	7
IV.2.4. Etude géotechnique	7
IV.2.5. Etude pédologique et mesure d'infiltration	8

IV.2.6. Etude hydrologique	8
IV.2.7. Etude technique d'aménagement hydro agricole	12
IV.2.7.1. Calcul des besoins en eau et des paramètres d'irrigation	12
IV.2.7.2. Conception de l'aménagement	15
IV.2.7.3. Dimensionnement et calage	16
V. RESULTATS ET DISCUSSION	22
V.1. Etudes topographiques.....	22
V.2. Etudes pedologiques et mesure d'infiltration	23
V.2.1. Etudes pédologiques et mesure d'infiltration.....	23
V.2.2. Mesure d'infiltration	23
V.3. Etude géotechnique.....	24
V.3.1. Identification des sols.....	24
V.3.2. Contraintes admissibles des sols de fondation de l'ouvrage	24
V.4. Etude hydrologique :	25
V.4.1. Analyses fréquentielles des pluies	25
V.4.2. Détermination des bassins versants	25
V.4.3. Estimation des apports du bassin versant.....	25
V.4.4. Calcul de la cote d'inondation	26
V.5. Etude technique d'aménagement hydro agricole.....	27
V.5.1. Besoins en eau et paramètres d'irrigation	27
V.5.2. Conception de l'aménagement.....	28
V.5.3. Dimensionnement et calage	30
V.5.4. Les ouvrages ponctuels du réseau d'irrigation et de drainage	34
VI. NOTICE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL	37
VI.1. Impact du projet.....	37
VI.1.1. Impacts en phase de construction.....	37

VI.1.2. Impacts en phase de construction	39
VI.2. Mesures d'atténuations	39
VI.2.1. Mesures associées à la phase de construction	39
VI.2.2. Mesures associées à la phase d'exploitation	40
VII. ETUDE DES COUTS	40
VII.1. Avant métrés :	40
VII.2. Estimation des coûts :	41
VII.3. Récapitulatif des coûts du projet.....	41
VIII. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS	42
VIII.1. Conclusion et perspective	42
VIII.2. Recommandations.....	42
IX. REFERENCES BLIOGRAPHIQUES	43
X. ANNEXES	44

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Pluviométrie de la zone.....	25
Tableau 2 : Caractéristiques des bassins versant.....	25
Tableau 3 : Résultats de calcul du débit de projet.....	25
Tableau 4 : Cotes d'étiages au droit de la plaine	26
Tableau 5 : Les besoins en eau mensuels du riz	27
Tableau 6 : Les besoins en eau mensuels de la tomate.....	27
Tableau 7 : Paramètres d'irrigation.....	27
Tableau 8 : Récapitulatif du dimensionnement des canaux.....	31
Tableau 9 : Récapitulatif du dimensionnement des drains.....	31
Tableau 10 : Caractéristiques des prises sur le tertiaire.....	34
Tableau 11 : Caractéristiques des débouchés de drain secondaire.....	34
Tableau 12 : Caractéristiques des débouchés de drain tertiaire	34
Tableau 13 : Caractéristiques des déversoirs de sécurité	35
Tableau 14 : Caractéristiques des ouvrages de régulations sur les canaux secondaires.....	35
Tableau 15 : Caractéristiques des digues de protection.....	35
Tableau 16 : Caractéristiques des pompes	36
Tableau 17 : Récapitulatif des coûts du projet	41

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Carte de localisation de la zone de projet	2
Figure 2 : Images prises lors de la visite de terrain	7
Figure 3 : Images prises lors de l'étude géotechnique	8
Figure 4 : Cartographie des points de mesures d'infiltration	23
Figure 5 : Plan de l'aménagement de la plaine.....	30
Figure 6 : Comparaison ligne d'eau CS2 et contraintes hydrauliques CT.....	33
Figure 7 : Comparaison ligne d'eau DS2 et contraintes hydrauliques DT	33
Figure 8 : Comparaison ligne d'eau DS3 et contraintes hydrauliques DT	33

I. INTRODUCTION

Le Mali est un pays à vocation essentiellement agro-pastorale. Ainsi, le secteur primaire représente la principale source d'activité économique du pays, ils occupent plus de 80 % de la population active. La contribution du secteur primaire à l'économie nationale est estimée en moyenne à 42,30% du PIB. Les valeurs ajoutées de ces secteurs ont progressé en moyenne de 11,9% pour l'agriculture, 3,60% pour l'élevage, 2,90% pour le secteur forestier et 3,10% pour la pêche. Cette prééminence du secteur rural résulte de son importance dans l'économie nationale **(CERDES,2015)**.

Le gouvernement malien a identifié le développement agricole comme principal moteur de la stratégie de croissance économique du pays, de réduction de la pauvreté et de sécurité alimentaire.

L'agriculture malienne repose sur des exploitations familiales de petite taille puisque 68% des agriculteurs cultivent moins de 5 ha, 18% ont des superficies comprises entre 5 et 10 ha et seulement 14% dépassent 10 ha **(CPS, 2009)**.

Pour réduire efficacement la pauvreté et les inégalités, le Mali doit initier et mettre en œuvre des stratégies efficaces axées sur l'accélération de la croissance économique d'une part et la transformation active des structures socio-économiques du pays d'autre part afin de générer une réduction importante du taux de la pauvreté à travers l'initiation d'une politique efficace de redistribution des fruits de la croissance **(ODHD, 2014)**.

Le Gouvernement de la République du Mali avec l'appui de la Banque Islamique de Développement (BID) a initié un projet d'aménagement hydro-agricole portant sur l'aménagement des périmètres irrigués villageois. Le présent document est le résultat des études d'avant-projet détaillé de l'aménagement d'une superficie nette de 258.56 ha dans la plaine de Kamani.

II. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL ET DE LA ZONE D'ETUDE

II.1. Présentation de la structure d'accueil

La société d'Etude, Recherche et de Technologie Adaptées pour le Sahel (**SERTAS**) est une société de droit malien créée en 2003 en tant que société d'études et de recherches. Ses activités englobent tous les secteurs du développement des zones rurales et urbaines. Elle offre plusieurs services d'ingénierie à savoir : les études générales de marchés, les études de faisabilité, les études techno-économiques, les conseils, les projets d'exécution, la préparation de documents d'appel d'offres, le contrôle et le suivi des travaux, la maîtrise d'ouvrage déléguée, l'assistance.

II.2. Présentation de la zone d'étude

II.2.1. Localisation du village

Le village de Kamani est situé dans la commune de Dinandougou à l'est, au bord du fleuve Niger à 68 km de Koulikoro, chef-lieu de cercle. Il est limité :

- ✓ au nord par le fleuve Niger ;
- ✓ au sud par le village de Markacoungo ;
- ✓ à l'est par le village de Djié ;
- ✓ à l'ouest par le village de Sassila.

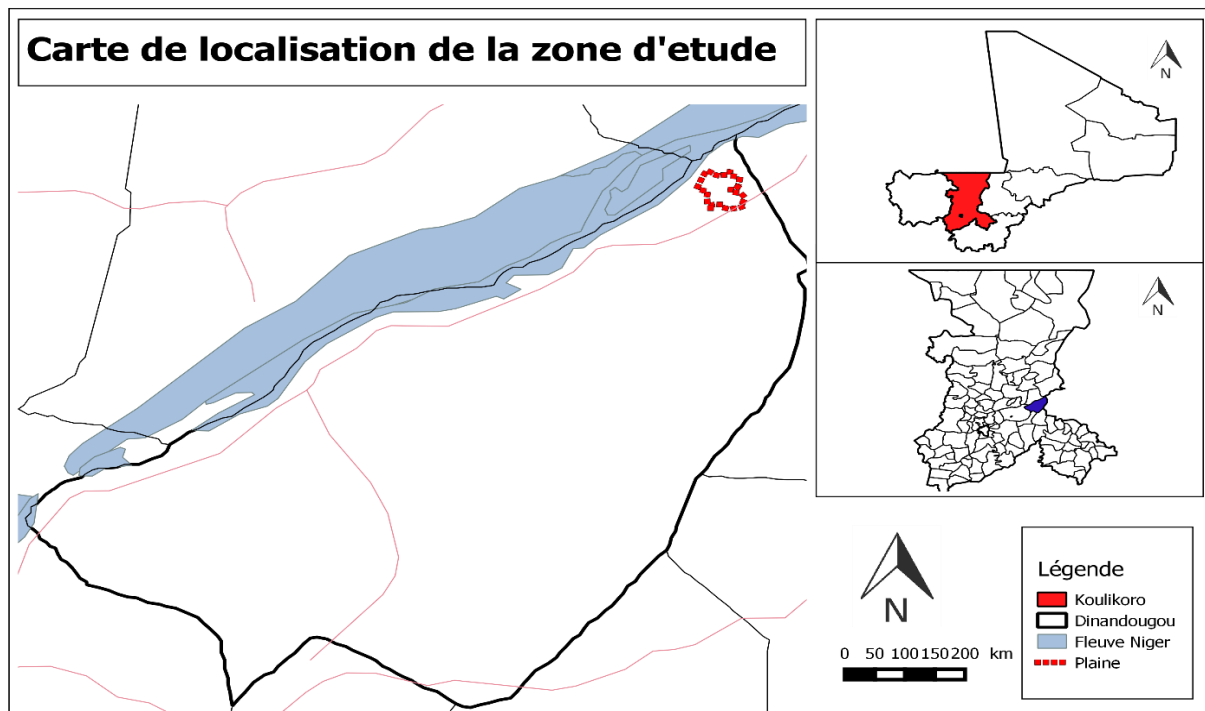


Figure 1 : Carte de Situation de la plaine de KAMANI

Son accès est facile en toute saison par la traversée du bac à Koulikoro et sur 68 km de piste latéritique. La plaine à aménager est située à environ 2 km au nord-est du village.

II.2.2. Population

Selon les résultats du Recensement Général de la Population et de l'Habitat (RGPH) de 2009 la population de la Région de Koulikoro s'élève à 2 422 108 habitants. Elle se caractérise par sa jeunesse. Les densités les plus fortes sont observées dans les cercles de Kati (20,9 habitants/km²), Koulikoro, Dioila. La faible densité est observée à Kamani (4,8 habitants/Km² contre une moyenne régionale d'environ 16,4 habitants).

II.2.3. Relief

La Région de Koulikoro est un vaste plateau accidenté, constitué de roches cristallines et de roches gréseuses, tout l'ensemble recouvert par endroits de la latérite et du sable. Il n'y a pas de hauts reliefs. Les Monts Mandingues constituent l'essentiel des hauteurs orientées du Sud au Nord. Ils s'allongent sur 150 km en balayant la Région d'est en ouest.

II.2.4. Climat

La Région s'étend entièrement dans la zone tropicale marquée par l'alternance d'une saison de pluies (mai à Octobre) et d'une saison sèche (novembre à avril). Les températures les plus hautes (40°C) s'observent entre mars et juin et les plus basses entre décembre et février. Un véritable contraste existe entre le Sud humide et le Nord pré désertique avec son sable fin et mauve. La Région couvre du Nord au Sud différentes zones climatiques :

- ✓ La zone sahélienne délimitée par les isohyètes 150 et 550 mm ;
- ✓ La zone soudanienne entre les isohyètes 550 et 1 150 mm ;
- ✓ La zone pré guinéenne où les pluies sont supérieures à 1.150 mm d'eau par an.

La température moyenne mensuelle à 12h varie de 29°C en janvier à 38°C en Avril et les ETP sont très élevés et excèdent très largement les précipitations.

II.2.5. Végétation

La région est caractérisée par un large éventail de formations végétales qui varient du Nord au Sud en fonction des sols et de la pluviométrie. Elles vont de la forêt claire (zone soudano guinéenne) à la savane arbustive ou steppe (zone saharienne).

II.2.6. Sols

Selon le Projet Inventaire des Ressources Terrestres (PIRT), les différents types de sols dans la région sont caractérisés dans leur majorité par leur pauvreté, leur acidité et leur instabilité

structurale. Plus généralement on y rencontre :

- ✓ Les sols latéritiques sableux et argileux dans la zone Koulikoro ;

II.2.7. Hydrographie

La région est assez bien arrosée par six (06) fleuve qui sont :

- ✓ Le Niger avec 4 200 km de long dont 250 km dans la région ;
- ✓ Le Baoulé avec 842 km de long dont 120 km dans la région ;
- ✓ Le Sankarani, un affluent du fleuve Niger qui dans sa vallée sur lequel est construit le barrage de Sélingué avec 500 km de long dont 40 km dans la Région ;
- ✓ Le Bagoé, il traverse la commune de Klé dans le cercle de Dioila sur une longueur de 150 Km et trace la limite naturelle entre la région de Koulikoro et celle de Sikasso ;
- ✓ Le Baní, affluent principal du fleuve Niger sert de limite naturelle entre la région de Koulikoro et celle de Ségou ;
- ✓ Le Banifing long de 70 Km dans la région dessert le cercle de Dioila pour se jeter dans le Baoulé à Zorokoro.

Les cours d'eau permanents sont le Niger, le Baoulé et du Sankarani, les autres sont intermittentes.

II.2.8. Organisation Sociale

Les principaux groupes ethniques qui peuplent la région sont :

- ✓ Les Malinkés à cheval sur le haut Niger entre Bamako et Siguiri (Guinée Conakry) ;
- ✓ Les Bambaras plus nombreux entre Koulikoro et le Karta ;
- ✓ Les Somonos le long du fleuve Niger ;
- ✓ Les Sarakolé, les Maures et les Peuhls au Nord

III. PRESENTATION DU PROJET

III.1. Contexte et justification

Le Gouvernement de la République du Mali a obtenu un Prêt de la Banque Islamique de Développement (BID) en vue de financer les activités du Projet de Renforcement de la Résilience à l'Insécurité Alimentaire au Mali (PRIA-MALI) s'inscrivant dans le cadre stratégique pour la relance économique et le développement durable (CREDD) et suivant les orientations fixées par la loi d'orientation agricole (LOA) et s'appuie sur la démarche de passage à l'approche sectorielle en cours au Ministère de l'Agriculture.

Le projet appuiera les efforts de mise en oeuvre d'une approche programmatique de gestion

durable des terres et de l'eau (GDTE) à travers l'articulation du Plan National d'Investissement Stratégique du Mali (PNIS) et du cadre stratégique d'investissement en matière de gestion durable des terres.

A travers le cadre des investissements et des activités proposés, le Projet de Renforcement de La Résilience à l'Insécurité Alimentaire au Mali (PRIA-MALI) contribuera à l'exécution des quatre piliers de la stratégie en matière de Changement Climatique en Afrique Subsaharienne. Il s'articule autour des trois composantes suivantes :

- ✓ Composante 1 : Génération et transfert de technologies et services aux producteurs ;
- ✓ Composante 2 : Infrastructures d'irrigation ;
- ✓ Composante 3 : Approche programmatique et suivi sectoriel.

Dans le cadre de notre stage de fin de cycle de Master en Infrastructure et Réseau Hydraulique à 2iE, le projet : « Les études technique de l'aménagement du périmètre irrigué villageois dans le cadre de la mise en œuvre de la composante 2 du projet » le volet conception et dimensionnement du périmètre nous a été proposé pour la rédaction de notre mémoire.

III.2. Objectif global du projet

L'objectif général du projet vise la réalisation de l'aménagement du Périmètre Irrigués Villageoise (PIV).

III.3. Objectifs spécifiques

L'étude de l'aménagement du périmètre irrigué villageoise de Kamani a pour objectifs spécifiques :

- ✓ Produire l'avant-projet détaillé du périmètre ;
- ✓ Augmenter les superficies valorisables ;
- ✓ Optimisation du système d'irrigation et de drainage par un calage judicieux de leurs réseaux et des ouvrages ponctuels ;
- ✓ Déterminer le coût des travaux ainsi que la durée de retour sur investissement ;
- ✓ Définir la notice d'impact environnemental

IV. MATERIEL ET METHODES

IV.1. Matériels et outils utilisés

Pour le traitement des données, nous avons utilisé les outils informatiques suivants :

- ✓ HYFRAN PLUS pour l'analyse statistique des pluies ;
- ✓ HECRAS : pour le calage des canaux ;

- ✓ MINILAB : pour le traitement des mesures d'infiltration ;
- ✓ COVADIS : Pour le traitement des données topographiques (fond topographique et les profils en long) ;
- ✓ AUTOCAD : pour le dessin des plans ;
- ✓ GLOBAL MAPPER et ARCGIS : pour la délimitation et caractérisation du bassin versant ;
- ✓ GOOGLE EARTH : pour la localisation du site ;
- ✓ MICROSOFT OFFICE (Word, tableur Excel, PowerPoint) : pour les calculs et rédaction.
- ✓ GEOSTUDIO : pour l'étude de stabilité des talus ;
- ✓ SURFER : pour créer le modèle numérique de terrain

IV.2. Méthodologie pour la conduite de l'étude

La méthodologie adoptée pour mener cette étude est la suivante :

IV.2.1. Collecte des données :

Le collecte des données a consisté essentiellement à recueillir et à étudier l'ensemble des données de base et la documentation pertinente existante vis-à-vis des prestations d'étude. Ce travail de revue documentaire a porté notamment sur les documents suivants :

- ✓ les termes de références des prestations de l'étude ;
- ✓ les données quantitatives et qualitatives pertinentes, telles que : les données agro-socioéconomiques, climatiques et hydrologiques de la zone;
- ✓ le rapport de l'APS et les rapports des études techniques de bases effectuées dans le cadre du projet

IV.2.2. Visite de terrain

La visite du site avait pour but de mieux nous confronter aux réalités du périmètre et y effectuer des études de bases dans l'optique de mieux orienter nos choix techniques. Celles-ci permettent de mieux caractériser le site et de proposer les types d'ouvrages qui non seulement répondent aux besoins des bénéficiaires mais aussi s'adaptent aux conditions physiques du site.



Photo1 : station prévu pour le pompage



Photo 2 : Lit du cours d'eau

Figure 2 : Images prises lors de la visite de terrain

IV.2.3. Etude topographique

Les travaux topographiques de la plaine de Kamani ont concerné une zone couvrant près de 300 ha. Les levés ont été réalisés suivant un quadrillage où l'espacement moyen des points est de 500m x 500m avec un levé détaillé des points singuliers et ouvrages physiques existants (mares, pistes, zones boisées, constructions, court d'eau).

Les travaux de terrain ont été effectués à l'aide d'un (01) GPS différentiel et de la station totale « LEICA TC 407 » avec une précision de 2 cm en planimétrie et 3 cm en altimétrie. Des bornes en béton ont été implantées de part et d'autre de la polygonale de manière à ce qu'elles soient bien visibles l'une de l'autre. Elles ont été nivelées en nivellement direct à l'aide d'un niveau automatique de précision (type NAK2).

Les données ont été traitées et analysées avec les différents logiciels, ce qui a permis d'établir un plan topographique avec courbes de niveau à tous les 0.25 m. Un modèle numérique de terrain (MNT) précis a été réalisé avec le logiciel SUFER.

IV.2.3.1. Etude géotechnique

Elle consisté en la reconnaissance des sols en place dans le but de les identifier, de déterminer leur capacité portante. Une prospection de matériaux de viabilité a aussi été menée au cours de cette phase.

C'est ainsi qu'il a été exécuté des sondages, notamment à l'emplacement des ouvrages. Dans chaque sondage, il a été dressé une coupe géotechnique dont les schémas sont joints en ANNEX 3 du présent rapport. Aussi, des sondages au pénétromètre dynamique ont été réalisés dans le but de déterminer, in situ, la résistance de chaque couche traversée.



Photo 3 : réalisation du sondage



Photo 4 : Echantillon prélevé

Figure 3 : Images prises lors de l'étude géotechnique

IV.2.4. Etude pédologique et mesure d'infiltration

IV.2.4.1. Etude pédologique

Avant de commencer la description du profil, la fosse a été rafraichie sur ses côtés. A l'aide de la tarière, nous avons sondé l'uniformité du dernier horizon (celui de la roche mère) à 40 cm de profondeur. Après avoir mesuré la profondeur avec le mètre ruban, le profil a été subdivisé en horizons selon l'uniformité des couches en vue de procéder à leur étude. Pour avoir une indication de la texture, nous avons utilisé la méthode qui consiste à mouiller les échantillons de terre prélevés pour chaque horizon et à faire une boule. Nous nous sommes servis de la charte des couleurs du code Munsell pour déterminer la couleur des horizons et des taches. La compacité du sol au niveau des différents horizons a été déterminée à l'aide du couteau du pédologue. Ensuite nous avons effectué des prélèvements sur les trois horizons, que nous avons soumis à des tests avec le HCl (acide chlorhydrique) dilué à 10% afin de déterminer la présence du calcaire à travers les effervescences.

IV.2.4.2. Mesure d'infiltration

Dans le souci de déterminer les caractéristiques hydro pédologiques des différents types de sols cartographiés, nous avons effectué des séries de mesures d'infiltration in situ. Cette expérimentation dans le milieu naturel (sur le terrain même) a des avantages certains ; car elle permet de donner une orientation à l'utilisation des terres du point de vue comportement hydrique tout en tenant compte de leur perméabilité.

Le dispositif expérimental se compose de deux anneaux ou cylindres. Les cylindres utilisés ont les caractéristiques suivantes : hauteur = 25cm, diamètre intérieur $d = 28-31\text{cm}$. L'appareillage est installé à la profondeur 5-10cm.

Après avoir implanté le dispositif expérimental, on procède à la mise en eau des deux anneaux de manière qu'au début de l'expérience, la hauteur d'eau soit la même dans le petit et le grand cylindre, donc sous la même charge. Les mesures s'effectuent dans l'anneau central à l'aide d'une règle graduée par intervalles de temps plus ou moins grands et réguliers. En début d'expérience, on note la hauteur d'eau dans le cylindre central et progressivement l'infiltration cumulée de l'eau (Δh) et le temps correspondant. On n'effectue pas de mesures dans l'anneau périphérique, son rôle est d'éviter les infiltrations latérales tout en les rendant négligeables au niveau de l'anneau central.

Les mesures sont en principe faites jusqu'à ce que les variations Δh (infiltration cumulée) soient constantes. Quand l'eau du cylindre central venait à diminuer de trop avant la stabilisation relative de Δh , on peut procéder à une recharge dans un intervalle de temps très court, c'est à dire que le temps entre T de la dernière mesure et la fin de la recharge doit être négligeable, donc on reconduit le dernier Δh .



Figure 4 : Images prises lors des mesures d'infiltration

IV.2.5. Etude hydrologique

IV.2.5.1. Analyses fréquentielles des pluies

Les analyses fréquentielles des pluies ont été faites grâce aux données pluviométriques recueillies à la station de Koulikoro. Les variables pluviométriques (pluies annuelles et pluies maximales journalières) recueillies ont été soumises à une analyse statistique afin de déterminer les quantiles pour différentes périodes de retour. Les données de la série pluviométrique annuelle ont été ajustées avec la Loi Normal de GAUSS et celles de la série de pluies maximales journalières ont été ajustées avec la loi de GUMBEL. Ces données ont ensuite été analysées à l'aide du logiciel HYFRAN pour une vérification.

❖ Ajustement par la loi de GUMBEL :

Fonction de répartition :

$$F(x) = e^{-e^{-a(x-x_0)}} \quad (1)$$

Paramètres de la loi :

x_0 = paramètre de position

$\frac{1}{a}$ = paramètre d'échelle

❖ Ajustement par la loi de Gauss :

Fonction de répartition :

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^u e^{-\frac{1}{2u^2}} du \quad u = \frac{x - \bar{x}}{S} \quad (2)$$

Paramètres de la loi : sont la moyenne $\bar{x}$ et l'écart type S

IV.2.5.2. Estimation des apports du bassin versant

❖ Caractérisation du bassin versant

Le bassin versant a été délimité grâce aux logiciels ARCGIS et GLOBAL MAPPER. Ils se caractérisent par un relief peu accidenté avec un réseau hydrologique en forme radial.

❖ Méthode ORSTOM :

Elle s'applique à des bassins dont la superficie se situe entre quelques dizaines d'hectares et plus de 1500 km², relevant de la zone sahélienne et de la zone tropicale sèche (FAO, 1998). La zone d'étude étant située en zone sahélienne, avec un bassin peu boisé, d'une couverture assez abondante et une pente du terrain relativement faible on admet que le bassin versant appartient à la classe RI (P3) des catégories de perméabilité, le débit de crue décennal est déterminé par l'expression suivante :

$$Q_{r10} = A * P_{10} * K_{r10} * \alpha_{10} * \frac{S}{T_{b10}} \quad (3)$$

$$Q_{10} = Q_{r10} + Q_{ret10} \quad (4)$$

Q_{r10} : Débit de pointe du ruissellement superficiel décennal (m³/s) ;

A : Coefficient d'abattement de VUILLAUME ;

P₁₀ : Pluie journalière décennale (mm), atlas CIEH (1985) ;

K_{r10} : Coefficient de ruissellement décennal, obtenu par interpolation K_{r70} - K_{r100} ;

α₁₀ : coefficient de pointe de la crue décennale, généralement pris égal à 2,6 ;

S : Superficie du bassin versant ;

T_{b10} : Temps de base de la crue décennale.

❖ Méthode CIEH

Elle a été établie sur la base d'un échantillon de 162 bassins versants répartis en Afrique francophone, peut être employée sur des bassins allant jusqu'à 1000 km², relevant de la zone tropicale sèche ou sahélienne de l'Afrique de l'Ouest et du Centre (FAO, 1998).

$$Q_{10} = a * S^s * P_{an}^p * I_g^k * K_{r10} * D_d^d \quad (5)$$

a, s, p, i, k, d... sont des coefficients d'ajustement déterminés par régressions multiples.

Q₁₀ : le débit de crue décennale (m³/s) ;

S: superficie du bassin (km²) ;

I_g: indice global de pente (m/km) ;

P_{an}: pluie annuelle moyenne (mm) ;

K_{r10}: coefficient de ruissellement décennal (%) ;

D_d: densité de drainage (km⁻¹).

Les équations de débit décennal envisageables sont celles callées pour la région géographique qui couvre le Mali, soit les suivantes :

✓ Equation N° 26 : $Q_{10} = 146 * S^{0.479} * P_{m10}^{-0.969} * K_{r10}^{0.457}$ (6)

(Afrique de l'ouest entre 10° E et 10°W)

✓ Equation N° 42 : $Q_{10} = 0.0912 * S^{0.643} * I_g^{0.399} * K_{r10}^{1.019}$ (7)

(Burkina Faso + Mali + Niger)

✓ Equation N° 44 : $Q_{10} = 203 * S^{0.459} * P_{m10}^{-1.301} * K_r^{0.813}$ (8)

(Burkina Faso + Mali + Niger)

❖ Méthode rationnelle (CIA)

La méthode rationnelle permet de déterminer le débit maximum pour une période de retour donnée, à partir de l'intensité de pluie correspondant au temps de concentration du bassin versant et à la période de retour donnée. Elle est généralement applicable pour des bassins versants de superficies inférieures à 4 km² (FAO, 1998). La formule de la méthode CIA se présente sous la forme :

$$Q = 0,28 \cdot C \cdot I \cdot A \quad (9)$$

Avec : Q: débit en m³/s ; I: Intensité de pluie pendant un temps de concentration T_c, mm/h ; C: coefficient de ruissellement ; A: superficie du bassin en Km².

IV.2.5.3. Calcul de la cote d'inondation

Le calcul de la cote d'inondation vise à définir les niveaux des crues du fleuve Niger suivant différentes fréquences. L'objectif ultime est de déterminer les conditions d'alimentation en eau du périmètre et la hauteur des endiguements pour la protection contre les inondations. La station hydrométrique couvrant la zone du projet est celle de Koulikoro collectées sur la période allant de 2003 à 2015 auprès de l'Agence du Bassin du fleuve Niger.

IV.2.6. Etude technique d'aménagement hydro agricole

IV.2.6.1. Calcul des besoins en eau et des paramètres d'irrigation

Les besoins en eau ont été calculés en utilisant les données de base suivantes :

- ✓ Données pluviométriques à la station de Koulikoro ;
- ✓ ETP moyenne de Koulikoro (source FAO, logiciels Cropwat et climwat) ;
- ✓ Coefficients culturels des différentes cultures (Source : logiciel Cropwat de la FAO).

➤ Choix des cultures

Les besoins annuels en eau d'irrigation ont été évalués pour deux principales spéculations végétales qui sont cultivées dans le périmètre de Kamani, à savoir le riz de saison hivernale et les cultures maraîchères.

➤ L'évapotranspiration maximale (ETM)

Elle est déterminée par la formule ci-dessous:

$$ETM = K_c \times ETP \quad (10)$$

➤ Les besoins total(Bt)

Ces besoins sont calculés par la formule suivante:

$$Bt = S + R + E + ETM \text{ avec,} \quad (11)$$

Avec :

S : saturation du sol ; R : remplissage des casiers rizicoles ; E : entretien de la lame d'eau

ETM : Evapotranspiration maximale.

NB : Pour la tomate la saturation du sol et le remplissage des casiers rizicoles sont nul.

➤ **La pluie efficace(Pe)**

La pluie efficace est donnée par la formule suivante:

$$\text{Si } P < 75 \text{ mm} \Rightarrow Pe = 0.6 * P$$

$$\text{Si } P > 75 \text{ mm} \Rightarrow Pe = 0.8 * P$$

Avec : Pe = pluie efficace ; P = Pluie tombée sur la parcelle.

➤ **Besoins net d'irrigation (BN)**

C'est la quantité d'eau qu'il faut apporter par irrigation à la plante afin de satisfaire ses besoins en eau.

$$BN \text{ (mm)} = Bt - Pe \quad (12)$$

➤ **Les besoins brut en tête du réseau (Bb)**

C'est la quantité d'eau qu'il faut réellement mobiliser pour satisfaire les besoins nets et qui tient compte des pertes dans le transport de l'eau jusqu'à la plante.

$$Bb \text{ (mm)} = \frac{BN}{E_t} \quad (13)$$

- | | | | |
|---|--|---|------|
| ✓ | Efficienc e à la parcelle de la riziculture | : | 90 % |
| ✓ | Efficienc e à la parcelle pour la tomate | : | 80% |
| ✓ | Efficienc e des canaux tertiaires (revêtus) | : | 95 % |
| ✓ | Efficienc e des canaux secondaires (revêtus) | : | 95 % |

Soient des efficiences globales de 81% pour la riziculture et de 72 % pour la tomate.

➤ **Les besoins brut en tête du réseau (Bb)**

C'est la quantité d'eau importante à mobiliser pour couvrir tous les besoins en eau de la parcelle. Elle vaut:

$$Bb \text{ (m}^3\text{/ha)} = Bb \text{ (mm)} \times 10$$

✓ **Le débit fictif continu(DFC)**

C'est le débit unitaire qui, fourni d'une façon continue 24h/24h, permet de satisfaire les besoins en eau d'une période donnée.

$$DFC \text{ (l/s/ha)} = \frac{Bb \times 1000}{3600 \times 24 \times N_j} \quad (14)$$

Avec : Bb = besoin brut en tête de réseau en m³/ha ; Nj: nombre de jours de la période considérée.

✓ **Le débit maximum de pointe (DMP)**

C'est le débit réel pour lequel le réseau devra être dimensionné.

$$\text{DMP (l/s/ha)} = \frac{1000 \cdot Bb}{3600 \cdot Nj \cdot Nh} \quad (15)$$

Avec : Nj : Nombre de jours d'irrigation ; Nh : Nombre d'heures d'irrigation (12 heures).

✓ **La main d'eau**

La main d'eau est le débit que peut bien manipuler un agriculteur. Elle dépend de la méthode d'irrigation, mais aussi de l'expérience de l'agriculteur. Elle peut être de 10 l/s, 15 l/s, 20 l/s, 25 l/s, 30 l/s.

✓ **Le quartier hydraulique (W)**

Le quartier hydraulique est l'ensemble des parcelles qui peuvent être irriguées à partir d'une même main d'eau. Il est exprimé par la formule suivante:

$$W = \frac{m}{\text{DMP}} \quad (16)$$

Avec : m : main d'eau m = 25 l/s ; DMP : débit maximum de pointe en l/s/ha.

✓ **La réserve utile (RU)**

$$\text{RU (mm)} = (\theta_{fc} - \theta_{wp}) \cdot Z_r \cdot d_a \quad (17)$$

Avec : RU= réserve utile ; θ_{wp} =humidité à la capacité au point de flétrissement, θ_{fc} =humidité à la capacité au champ ; Z_r = profondeur d'enracinement ; d_a = densité apparente moyenne.

✓ **La réserve facilement utilisable (RFU)**

$$\text{RFU (mm)} = \text{RU (mm)} \cdot p \quad (18)$$

Avec : P=facteur de tarissement et est fonction de l'ETM, du groupe de culture et du type de culture. Ainsi nous avons $p=2/3$.

✓ **Le besoin maximum de pointe (BMP)**

$$\text{BMP (mm/j)} = \text{ETM (mm/j)} - P_e \text{ (mm/j)} \quad (19)$$

✓ **La fréquence d'arrosage (F)**

$$F(j) = \frac{RFU \text{ (mm)}}{BMP \text{ (mm/j)}} \quad (20)$$

✓ **Le tour d'eau T(j)**

Le tour d'eau est la fréquence qui sera réellement adoptée dans la pratique. Elle sera inférieure à la valeur de la fréquence théorique F de quelques jours.

✓ **La dose réelle (Dr)**

$$Dr \text{ (mm)} = BMP \text{ (mm/j)} * T(j) \quad (21)$$

La dose réelle dans la période de pointe.

✓ **La dose brute (Db)**

$$Db \text{ (mm)} = Dr \text{ (mm)} / Ea \quad (22)$$

Ea = efficacité d'application

✓ **La rotation (R)**

La rotation est le nombre de jours qui sépare deux irrigations sur la même parcelle.

$$R = \frac{Db \times N_{\text{période}}}{Bb_{\text{période}}} \text{ avec :} \quad (23)$$

N_{période} : nombre de jours dans la période considérée ; Bb_{période} : besoins bruts en mm.

✓ **La durée du poste d'irrigation (t)**

La durée du poste d'irrigation à l'hectare est le temps mis à chaque rotation pour apporter la dose réelle à une même parcelle à partir d'une main d'eau.

$$t = \frac{Db}{m} \text{ (h)} \quad \text{avec :} \quad (24)$$

Db : dose brute d'irrigation en mm et m : main d'eau en l/s.

IV.2.6.2. Conception de l'aménagement

Le découpage hydraulique et le tracé des canaux et drains ont été réalisés à partir des résultats de l'étude topographique et pédologique et se fondent, autant que possible, sur les principes d'aménagement suivants :

- ✓ les canaux secondaires sont alignés sur les lignes de crête ;
- ✓ les canaux tertiaires desservent les quartiers hydrauliques. Ils sont perpendiculaires

aux secondaires et comportent un ou plusieurs biefs, selon la pente du canal ;

- ✓ le réseau de drainage suit généralement les dépressions.

IV.2.6.3. Dimensionnement et calage

IV.2.6.3.1.1. Dimensionnement des canaux

Le dimensionnement hydraulique est conduit en déterminant le débit en tête de chaque canal d'irrigation puis les caractéristiques géométriques par des calculs itératifs en utilisant la formule de Manning-Strickler.

$$Q = K_s \times S \times Rh^{2/3} \times I^{1/2} \quad (25)$$

Avec Q : débit en m³/s; K_s : coefficient de rugosité ; S : section mouillée en m² ; Rh: rayon hydraulique en m ; I: pente du canal.

Hypothèses :

Les canaux et les drains sont dimensionnés en supposant que le périmètre est exploité à 100% en riziculture, en considérant les paramètres ci-dessous :

- ✓ le coefficient de rugosité K_s est pris égal à 70 pour les canaux en béton et à 25 pour les canaux en terre et les drains ;
- ✓ la vitesse minimal est donnée par la formule empirique de KENNEDY : $V = b \cdot h^{0.64}$
- ✓ la vitesse maximale est de 1,5 m/s pour les canaux revêtus et de 1 m/s pour les canaux en terre (D. TRAN MINH, 1995).

❖ Détermination des débits de dimensionnement des canaux :

Le débit de pointe que doit transporter un canal dépend de la superficie nette à irriguer par le canal considéré en connaissant le débit d'équipement.

$$\text{Débit canal (l/s)} = Q_e \text{ (l/s/ha)} * \text{Superficie (ha)} \quad (26)$$

❖ Détermination des débits de dimensionnement des drainages

Les drains tertiaires sont dimensionnés en fonction du plus grand des débits suivants :

- ✓ **Débit de ruissellement des pluies (Q_p) :**

$$Q_p \text{ (l/s/ha)} = \frac{P_{10} * Cr * 10}{3,6 * 24 * N_j} \quad (27)$$

Avec : P = la pluie décennale (mm) ; Cr : coefficient de ruissellement et N_j = nombre de jours (3 jours).

- ✓ **Débit de vidange des parcelles (Q_v)**

La parcelle de riz recouverte de 10 à 15 cm d'eau est vidée au bout de 6 jours. Le débit de vidange des parcelles est donné par la formule ci-dessous, L étant la lame d'eau.

$$Q_v \text{ (l/s/ha)} = \frac{L \text{ (mm)} \cdot 10}{N_j \cdot 24 \cdot 3,6} \quad (28)$$

IV.2.6.3.1.2. Calage des canaux d'irrigation et de drainage

❖ Calage des canaux

Le calage consiste à déterminer les côtes des plans d'eau dans les canaux de manière à dominer l'ensemble du périmètre. Le calage des lignes d'eau dans les canaux d'irrigation est déterminé de l'aval vers l'amont comme suit :

- ✓ Détermination de la cote de référence Z0 au niveau des parcelles

Pour chaque bloc de parcelles desservi par un même arroseur, la cote de référence Z0 est, par mesure de sécurité, la cote maximum observée disponible, déduction faite des singularités topographiques présentant des pics ponctuels et localisés.

- ✓ Détermination de la cote Z1 du plan d'eau nécessaire dans la parcelle

Pour les parcelles, on admet une lame d'eau maximum de 25 cm soit :

$$Z1 = Z0 + 0.25 \text{ m} \quad (29)$$

- ✓ Détermination de la cote Z2 du plan d'eau du partiteur au droit de la prise d'eau

La cote Z2 du plan d'eau du partiteur au droit de la prise d'eau de l'arroseur correspond au plan d'eau Z1 additionné des pertes de charge survenant dans la prise rigole et dans la prise arroseur, soit :

$$Z2 = Z1 + \Delta H \text{ (m)} \quad (30)$$

ΔH = pertes de charges (pdc)

- ✓ Détermination de la cote Z3 du plan d'eau nécessaire dans le partiteur

Les cotes Z2 ainsi déterminées pour tous les arroseurs d'une unité tertiaire constituent une distribution de points ; dans chacun des biefs du partiteur, la cote Z2 maximum impose sa contrainte et le plan d'eau maximum nécessaire à Qmax se voit ainsi aligné sur cette cote Z2 maximum.

$$Z3 = PE \text{ max (Qmax)} = \text{maximum (cotes Z2)} \quad (31)$$

❖ Calage des drainages :

Le calage du plan d'eau dans le réseau de drainage s'effectue de l'amont vers l'aval, comme suit :

- ✓ Lecture sur le plan topographique de la côte la plus basse Z0 à l'amont et à l'aval sur la parcelle drainée par chacun des drains tertiaires;
- ✓ Calage du fond du drain tertiaire à une cote inférieure à la cote définie ci-dessus :

$$Z1 = Z0 - 0.40 \text{ m} \quad (32)$$

- ✓ Calage de la côte Z2 du fond du drain secondaire en tenant compte des contraintes de cotes imposées aux débouchés des drains tertiaires et de la section nécessaire pour transiter les débits ;
- ✓ Calage de la côte Z3 du fond du drain principal en tenant compte de la contrainte de cote imposée aux débouchés des drains secondaires et de la section nécessaire pour transiter les débits projetés.

IV.2.6.3.2. Dimensionnement et calage des ouvrages ponctuels

IV.2.6.3.2.1. Prises de tertiaires

Les prises de rigoles sont de petits ouvrages qui alimentent les tertiaires de distribution. Elles sont constituées d'un tuyau PVC traversant le cavalier du canal secondaire.

IV.2.6.3.2.2. Débouché de drain tertiaires

Cet ouvrage permet l'évacuation des eaux du drain tertiaire vers le drain secondaire. Il est constitué d'une rangée de tuyaux de diamètres variables, mise en place perpendiculairement à la piste du drain secondaire.

IV.2.6.3.2.3. Débouché de drain secondaires

Cet ouvrage permet l'évacuation des eaux du drain secondaire vers le drain principal et ce du drain principal se jette dans le fleuve Niger. Il est constitué par des buses, mises en place perpendiculairement au canal secondaire et protégé par des enrochements en amont et aval.

IV.2.6.3.2.4. Bassin de réception

C'est un bassin parallélépipédique destiné à recevoir les eaux pompées. Il se compose de deux compartiments séparés par un mur en claustrat destinier à tranquilliser le régime l'eau avant son entrée dans le canal secondaire. Ses dimensions sont fonction du débit de pompage. Il est réalisé en béton armé et communique directement avec le canal secondaire. Le dimensionnement de ce bassin peut se faire de la manière suivante :

- ✓ Largeur du bassin

$$l_b = \frac{5 \cdot Q}{h_0} \quad (33)$$

Q : débit refoulé en m³/s

h₀ : La hauteur d'eau à l'entrée du réseau CS

- ✓ La longueur des compartiments sont déterminée par les expressions suivantes :

$$d_1 = 1,5 \frac{Q}{(D)^{1,5}}$$

$$d_2 \geq \frac{1}{2} d_1 + 1 \text{ et } d_3 \geq 1 \text{ m}$$

Avec :

D : le diamètre de la conduite, en m

✓ La longueur du bassin de réception :

$$L_T = 0,8 + d_1 + d_2 + d_3 \quad (34)$$

IV.2.6.3.2.5. Les ouvrages de régulation du plan d'eau

Le dimensionnement consiste dans ce cas à déterminer la longueur du déversoir à exécuter pour pouvoir évacuer le débit Q.

$$Q = m * L * \sqrt{2g} * H^{2/3} \quad \text{Avec :} \quad (35)$$

Q: débit en m³/s ; L : longueur déversant en m ; H : charge sur le déversoir en m ; g : accélération de la pesanteur (9.81 m/s²) ; m : coefficient de débit dépendant de la forme du seuil. Le coefficient m dépend du type de déversoir, ainsi on a les valeurs suivantes en fonction des types de régulateur :

- ✓ m = 0.40 déversoir transversal
- ✓ m = 0.36 déversoir type Giraudet
- ✓ m = 0.34 déversoir type longitudinale

IV.2.6.3.2.6. Les ouvrages de sécurité

Des ouvrages de sécurité par déversement seront placés à l'extrémité de chaque canal tertiaire. Le dimensionnement du déversoir de sécurité a été fait sur la base de l'évacuation de 20 % du débit en tête du canal. Les calculs ont été conduits de la même manière que les ouvrages de régulation du plan d'eau.

IV.2.6.3.2.7. Ouvrage de franchissement

Le franchissement se fera soit par un dalot ou soit par des buses équivalentes en fonction de la section du drain (ou canal) à franchir. Le radier est horizontal et se trouve à la même cote que le fond du canal. La largeur du dalot entre les piédroits sera égale à la largeur au plafond du canal. L'ouvrage sera muni des ailes encrées dans le cavalier. Le dimensionnement est basé sur la formule de Manning-Strickler :

$$Q = K_s \times S \times R_h^{2/3} \times I^{1/2} \quad (36)$$

- ✓ La perte de charge dans l'ouvrage est donnée par la relation suivante :

$$J = \left(\frac{Q}{K_s S R^{\frac{2}{3}}} \right)^2 * L \quad (37)$$

Avec : Q : débit en m³/s ; S : section mouillée du dalot (m²) ; R : rayon hydraulique

Ks : 70 pour le béton ; L : longueur du dalot (m)

✓ Les pertes de charge à l'entrée et à la sortie du dalot sont exprimées par :

$$J_s = (K_c + K_d) * \frac{V_2^2 - V_1^2}{2 * g} \quad (38)$$

Avec : V2 : vitesse dans le dalot en m/s ; V1 : vitesse aval en m/s ; Kc et Kd : coefficients dépendant du type de raccordement.

Kc=0.5 à 0.1 pour le raccordement progressif et 0.5 pour le raccordement brusque ;

Kd=0.1 à 0.2 pour le raccordement progressif et 1 pour le raccordement brusque.

IV.2.6.3.2.8. Dimensionnement de la digue de protection

La digue de protection, comme son nom l'indique, protège le périmètre contre les eaux provenant de l'extérieur. Dans ce cas précis, la contrainte se situe au niveau du fleuve Niger. Elle est calculée comme un barrage en terre.

❖ Calcul de la largeur en crête (Lc) :

Elle est déterminée en fonction des formules empiriques suivantes :

KNAPPEN : Lc (m) = 1.65 * √E

PREECE : Lc (m) = 1.1 * √E + 1

Autres formules : Lc (m) = 3.6 * √E - 3

Avec E = la hauteur de la digue (m)

❖ Calcul de la largeur à la base (Lf)

Elle est donnée par la relation suivante :

$$L_f (m) = l_c + 2 \frac{H}{\tan \alpha} \quad (39)$$

Avec : tan α = 1/2

Après la détermination de la section de la digue, on procède à l'étude de la stabilité des pentes. Les infiltrations dans le corps de l'ouvrage sont à négliger dans ce cas précis, vu que la digue n'est pas en contact permanent avec l'eau.

IV.2.6.3.3. Dimensionnement de la station de pompage

IV.2.6.3.3.1. Choix des pompes

Le choix des pompes est basé sur deux facteurs essentiels à savoir le débit à pomper et la hauteur manométrique totale, en se référant aux courbes caractéristiques du modèle.

✓ **Hauteur manométrique totale (HMT) des électropompes**

La hauteur manométrique totale (HMT) d'un groupe de pompage pour un débit donné est calculée selon l'expression suivante :

$$HMT = H_g + H_v \quad (40)$$

Avec : HMT = Hauteur manométrique totale (m) ; H_g = Hauteur géométrique de pompage (m) ; H_v = Pertes de charge (m).

Les pertes de charge ont été calculées avec la formule de Calmon et Lechapt, où (a , N et M) sont invariants, les valeurs utilisées des paramètres invariants sont ($a = 0,01101$; $N = 1,81$; $M = 4,85$).

$$J = a \frac{Q^N}{D^M} \quad (41)$$

Les pertes de charges singulières sont estimées à 10 % des pertes de charge linéaires.

IV.2.6.3.3.2. Etude du fonctionnement des pompes

Le phénomène à éviter à tout prix dans le fonctionnement d'une station de pompage est la cavitation. Pour éviter la cavitation pour un débit de fonctionnement déterminé : il faut que le NPSH disponible calculé soit supérieur au NPSH requis plus 0.5 m (**A. ANDRIANISA, 2014**).

$$NPSH_{\text{disponible}} > NPSH_{\text{requis}} + 0.5m$$

La NPSHd est calculé à l'aide de la formule suivante :

$$NPSH_d(m) = \frac{P_a}{\rho g} - \frac{P_s}{\rho g} - H_a - p_{dc} \quad (42)$$

P_a : pression atmosphérique égale à 10^5 Pascal ; $P_s/\rho g$: pression de service 0.23 m ; ρ : masse volumique de l'eau 1000 g/m³ ; g : accélération de la pesanteur 9,81 m/s² ; H_a : hauteur d'aspiration ; P_{dc} : pertes de charges linéaires et singulières (m).

IV.2.6.3.3.3. Calcul de la puissance de la pompe

La puissance mécanique de la pompe est donnée par la relation suivante :

$$P \text{ (kw)} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H / \eta_p \quad (43)$$

ρ : Masse volumique de l'eau 1000 g/m³ ; Q : débit (m³/s) ; H : hauteur de refoulement (m) ; η_p : rendement de la pompe (%); g : accélération de la pesanteur (9,81 m/s²).

V. RESULTATS ET DISCUSSION

V.1. Eudes topographiques

Les travaux topographiques ont concerné une zone couvrant plus de 300 ha. Les levés topographiques ont été réalisés à l'échelle 1/2000ème selon les normes prescrites dans les termes de références, à savoir +/- 2 cm en mesure planimétrique et +/- 3 cm en mesure altimétrique. Les côtes sont ainsi comprises entre 271,50 m et 274,50 m dans le système de nivellement général du Mali. La pente de la zone d'étude est faible et naturellement orientée vers le sud-est. Le MNT (Modèle Numérique de Terrain) obtenu est présenté sur la Figure 5 et la liste des bornes implantées dans la zone est fournie en annexe.

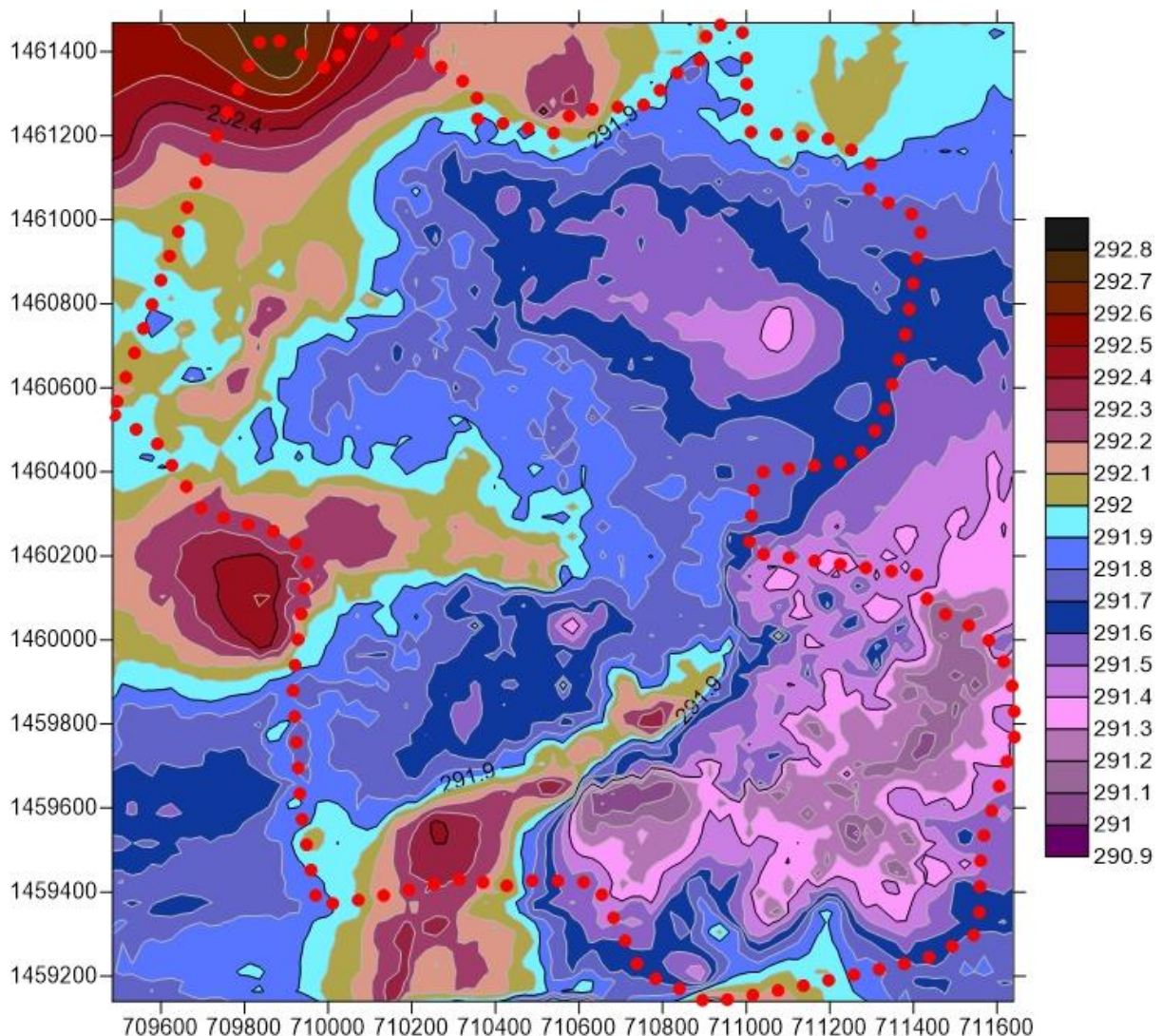


Figure 5 : Modèle Numérique de Terrain (MNT) du casier de KAMANI

V.2. Etudes pédologiques et mesure d'infiltration

V.2.1. Etudes pédologiques

Les investigations pédologiques réalisées dans la zone ont permis de déterminer le type de sol qui est majoritairement limono-argileux à limono-argilo-sable par endroit. L'évaluation des aptitudes des sols à l'irrigation a dégagé des sols aptes pour la double culture du riz, la polyculture céréalière et maraichère.

V.2.2. Mesure d'infiltration

Dix neuf mesures ont été effectuées selon la technique du double anneau. Les données de ces mesures de perméabilité ont été analysées et traitées selon le modèle de régression non-linéaire utilisant l'équation exponentielle avec le logiciel Minitab18. L'infiltration varie dans la zone du projet de 1.12 mm/h à 2.27 mm/h avec une moyenne de 1.87 mm par heure. Le traitement statistique des données a donné un écart-type de 0.35. Les pertes par infiltration à prendre en compte dans les calculs sont de 1.87 mm/heure correspondant au Ksat (infiltration à saturation) conformément aux résultats des mesures d'infiltration.

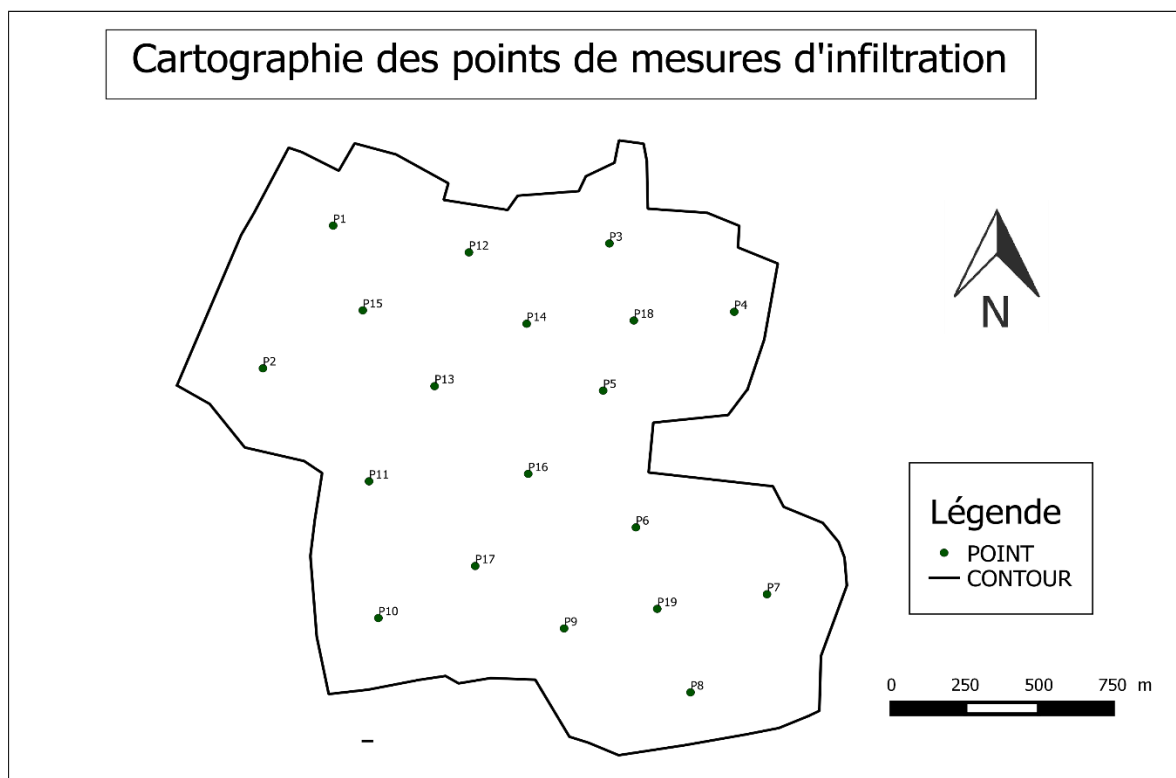


Figure 6 : Cartographie des points de mesures d'infiltration

V.3. Etude géotechnique

V.3.1. Identification des sols

Dans le cadre de cette reconnaissance, il a été exécuté trois (3) sondages sur le site. Ces sondages ont permis de mettre en évidence la succession de différentes couches de sols traversées et de prélever des échantillons pour les différentes analyses en laboratoire.

Sondage N°1 :

0,00 – 0.30 m : terre végétale
0,30 – 0,60 m : argile
0,60 – 2,00 m : argile noduleuse
Prélèvement à 2,00m

Sondage N°2 :

0,00 – 0.30 m : terre végétale
0,30 – 0,65 m : argile
0,65 – 2,00 m : argile noduleuse
Prélèvement à 1,00m

Sondage N°3 :

0,00 – 0.30 m : terre végétale
0,30 – 0,60 m : argile
0,60 – 2,00 m : argile noduleuse
Prélèvement à 1,50m

NB : Les sondages ont permis de mettre en évidence un sol argileux contenant des nodules.

V.3.2. Contraintes admissibles des sols de fondation de l'ouvrage

Au regard des résultats obtenus à l'issu des essais au pénétromètre dynamique réalisés sur le site, on constate que la contrainte admissible du site varie d'une part avec la profondeur et d'autre part d'un sondage à l'autre. D'une manière générale, la portance du sol se présente comme suit :

- ✓ De la surface à 4,00 m, la contrainte minimum est inférieure à 1,5 bar ;
- ✓ De 4,00 m à 4,40 m, la contrainte minimum varie entre 1,5 bar et 1,62 bar ;
- ✓ Au-delà de 4,50 m, la contrainte minimum varie entre 3 bars et 6 bars.

Le sable pour le béton est disponible dans l'affluent du fleuve, tandis que le gravier sera exploité par ramassage sur les plateaux aux alentours des sites.

V.4. Etude hydrologique :

V.4.1. Analyses fréquentielles des pluies

L'ajustement par la loi de Gauss des pluies annuelles de Koulikoro a permis de déterminer la pluie annuelle Pan et celle de Gumbel a permis de déterminer la pluie maximale journalière décennale. Les principales équations utilisées sont $F(x) = e^{-e^{-a(x-x_0)}}$ (1) $F(x) = e^{-e^{-a(x-x_0)}}$ (1) et (2). Les résultats sont consignés dans le tableau suivant :

Tableau 1 : Pluviométrie de la zone

Paramètres	Symbole	Résultats
Pluie annuelle (mm)	Pan	1255.33
pluie maximale journalière (mm)	P ₁₀	110.66

V.4.2. Détermination des bassins versants

Le bassin versant a été délimité sur le logiciel ARCGIS. Ils se caractérisent par un relief peu accidenté avec un réseau hydrologique en forme radial. La délimitation du bassin versant a permis de dégager les caractéristiques qui sont dans le tableau ci dessous :

Tableau 2 : Caractéristiques des bassins versant

Paramètres hydro-morphologiques	Symbole	Unité	Valeur
Superficie	S	Km ²	3.67
Périmètre	P	Km	9.02
Indice global de pente	lg	m/Km	13.57
Indice de compacité	lc	-	1.33
Longueur du rectangle équivalent	L	Km	3.44

V.4.3. Estimation des apports du bassin versant

Après une analyse des différents résultats et en tenant compte des incertitudes inhérentes aux méthodes empiriques et statistiques appliquées il nous a paru raisonnable d'adopter le débit **15.2 m³/s** comme débit de projet. Les principales équations utilisées sont (3)(4)(5)(6) (Afrique de l'ouest entre 10° E et 10°W)(7) et (8). Les résultats des calculs ont donné les résultats suivants :

Tableau 3 : Résultats de calcul du débit de projet

Méthode CIEH	Méthode ORSTOM	Méthode rationnelle
--------------	----------------	---------------------

Q10 Mali (m3/s)	Q10 Af.Ouest (m3/s)	Q10 Mali+BF (m3/s)	Q10 (m3/s)	Q10 (m3/s)
14.61091787	16.1282189	14.84710531	37.80941384	3.199077882

NB : Le débit adopté est la moyenne des débits de la méthode CIEH.

V.4.4. Calcul de la cote d'inondation

La station hydrométrique couvrant la zone du projet est celle de Koulikoro collectées sur la période allant de 2003 à 2015 auprès de l'Agence du Bassin du fleuve Niger. Avec une pente hydraulique de 4cm/km en aval de la ville de Koulikoro, les différentes cotes d'étiage sont fournies dans le tableau ci-dessous.

Tableau 4 : Cotes d'étiages au droit de la plaine

Année	Hmin (cm)	Hmax (cm)	Zmin	Zmax
2003	50	600	287.78	293.28
2004	25	510	287.53	292.38
2005	50	520	287.78	292.48
2006	50	510	287.78	292.38
2007	10	580	287.38	293.08
2008	25	600	287.53	293.28
2009	40	600	287.68	293.28
2010	50	550	287.78	292.78
2011	50	450	287.78	291.78
2012	25	540	287.53	292.68
2013	60	580	287.88	293.08
2014	30	480	287.58	292.08
2015	50	480	287.78	292.08
min			287.38	291.78
Max			287.88	293.28
Moyenne			287,68	292,66

Ce tableau nous donne une cote de plus basse eau absolue de 287.38 m et de plus haute eau de 293.08 sur la période d'observation de 12 ans. La montée significative des niveaux d'eau commence dans la deuxième décennie du mois juillet pour culminer en septembre et octobre où ils amorcent leur descente progressive en début novembre. Il sera retenu, une protection du périmètre contre la crue de fréquence décennale correspondant à la cote 293.334 avec une revanche de 50 cm, la cote de calage des ouvrages est fixée à **293.80 m**.

V.5. Etude technique d'aménagement hydro agricole

V.5.1. Besoins en eau et paramètres d'irrigation

V.5.1.1. Besoins en eau des cultures :

Les besoins en eau sont fonction des données climatiques pour les périodes culturales considérées mais aussi des cultures et de leurs états végétatifs au cours de ces périodes. Les tableaux ci-dessous récapitule les résultats des calculs de besoins en eau du riz dans la région de Koulikoro. Les principales équations utilisées sont (10) (11) (12) (13) (14) et (15).

Les détails des calculs des besoins en eau sont présentés en ANNEXE 3.

Tableau 5 : Les besoins en eau mensuels du riz

BESOIN EN EAU DU RIZ				
Mois	juin	juillet	août	septembre
Besoin Brut (mm)	301.24	155.68	118.54	195.26
DFC 24h/24 (l/s/ha)	1.16	0.60	0.46	0.75
DMP 24h/24 (l/s/ha)	2.21	1.20	0.91	1.51

Tableau 6 : Les besoins en eau mensuels de la tomate

BESOIN EN EAU DU TOMATE					
Mois	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril
Besoin Brut (mm)	202.65	229.18	373.67	417.77	300.14
DFC 24h/24 (l/s/ha)	0.78	0.88	1.44	1.61	3.47
DMP 24h/24 (l/s/ha)	1.56	1.77	2.88	3.22	2.78

Les débits d'équipement théoriques calculés en tête du réseau, à prendre en considération pour le dimensionnement des infrastructures sont de 2,21 l/s/ha pour le riz et 3,22 l/s/ha pour la tomate (contre saison).

V.5.1.2. Paramètres d'irrigation

Les paramètres d'irrigation essentiels adoptés sont présentés dans le Tableau suivant :

Les principales équations utilisées sont (16) et (17) (18) (19) (20) (21) (22) (23) et (24).

Tableau 7 : Paramètres d'irrigation

Paramètre	Unités	Valeur
Débit d'équipement	l/s/ha	2.32

Le quartier hydraulique (W)	ha	10.76
Reserve Utile (RU)	mm	95.76
Reserve Facilement Utilisable (RFU)	mm	63.84
Fréquence (F)	jr	11.04
Tour d'eau (T)	jr	7.00
Dose réel (Dr)	mm	40.48
Dose brute (Db)	mm	49.84
Rotation®	jr	1.65
La durée du poste d'irrigation (t)	h	1.99

V.5.2. Conception de l'aménagement

V.5.2.1. Découpage des périmètres

Il a été adopté un découpage simple qui offre une grande autonomie de fonctionnement dans l'irrigation et le drainage. Le périmètre sera alimenté en eau gravitairement, sur la base des études techniques de base. Dans le souci d'harmoniser l'irrigation, la plaine a été subdivisée en deux secteurs d'irrigation. Les infrastructures projetées pour l'aménagement du périmètre sont les suivants :

- ✓ Un réseau d'irrigation constitué de canaux à ciel ouvert de différentes natures permettant le transport des eaux d'irrigation depuis l'ouvrage d'alimentation jusqu'aux parcelles irriguées. Le réseau d'irrigation est constitué d'un distributeur ou canal principal, des canaux secondaires, tertiaires assurant l'alimentation des parcelles irriguées. Compte tenu de la longueur des canaux et de l'importance des débits véhiculés, les canaux secondaires seront revêtus pour limiter les pertes par infiltration et l'érosion ;
- ✓ Un réseau de drainage constitué de colatures à ciel ouvert permettant la collecte des eaux excédentaires et leur acheminement vers l'exutoire. Le réseau de drainage est constitué de drain principal, de colatures secondaires et tertiaires ;
- ✓ Une digue qui protège le périmètre contre la remontée des niveaux du fleuve Niger et les eaux de ruissellement provenant des bassins versants extérieurs ;
- ✓ Une piste principale qui longe les canaux secondaire, des pistes secondaires longeant les canaux tertiaires permettent l'accès aux prises et aux parcelles irriguées à partir de la piste principale ;
- ✓ Les ouvrages annexes aux réseaux d'irrigation et de drainage.

❖ Réseau d'irrigation

Il est structuré autour du Chenal central qui se jette dans le fleuve. Il est conçu deux (02) secteurs d'irrigation autonomes alimentés chacun par une station de pompage:

Secteur 1 : 138.93 ha

Un canal secondaire : CS1 : 2128.30 m ;

Dix Sept (18) canaux tertiaires : CT6.1 à CT6.18 : 7298.32 m.

Secteur 2 : 119.62 ha

Un canal secondaire : CS2 : 1988.93 m ;

Dix Sept canaux tertiaires : CT2.1 à CT2.17 : 6647.9 m ;

Le tableau de la structure du réseau d'irrigation projeté est fourni dans l'annexe.

❖ Réseaux de drainage

Le système de drainage est bâti autour du drain collecteur. Les eaux des drains tertiaires et secondaires sont recueillies par le collecteur qui les évacue dans le fleuve Niger. Le réseau de drainage comprend :

- Un drain collecteur : 2 859,99 m ;
- Sept (07) drains secondaires de DS2 à DS8 : 4 736,06 m ;
- Trente-cinq (35) drains tertiaires : 12 316,76 m.

Le tableau de la structure du réseau de drainage projeté est fourni dans l'annexe.

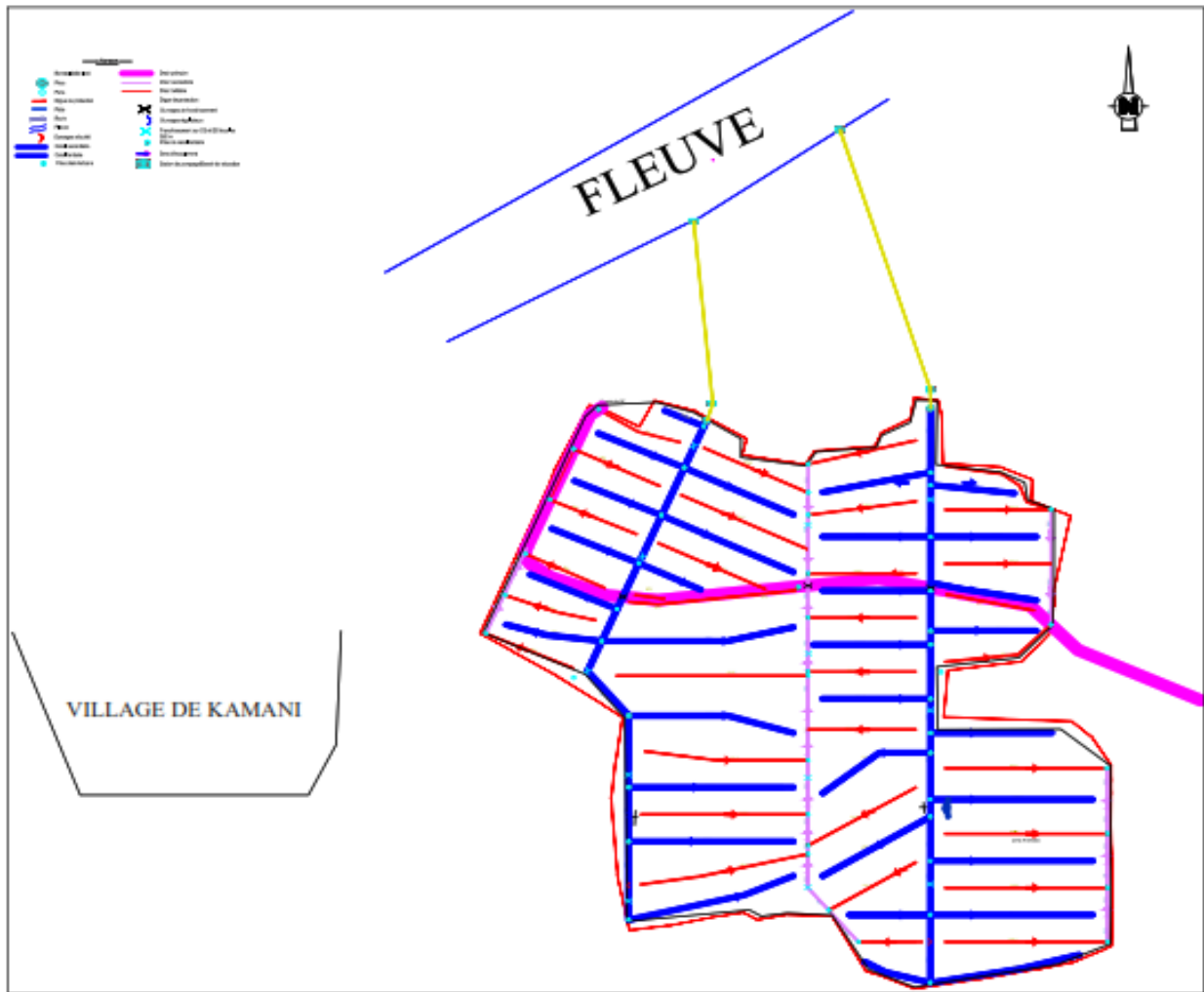


Figure 7 : Plan de l'aménagement du plain

V.5.3. Dimensionnement et calage

V.5.3.1. Débits de dimensionnement

Le débit de dimensionnement des canaux dépend essentiellement du type de l'ouvrage de prise installé et de la surface nette à irriguer. Ces débits varient de 15 l/s à 30 l/s pour les canaux tertiaires, le débit des canaux secondaires dépend des tertiaires qu'ils desservent. Les principales équations utilisées sont (14).

V.5.3.2. Dimensions et calage des canaux et drains

V.5.3.2.1. Dimensions des canaux et drains

Les canaux secondaires transportent des débits variant de 30 à 345 l/s. Leur largeur en base va de 0,3 à 0,75 m avec une profondeur qui varie de 34 à 43 cm et une vitesse de 0,21 à 0,46 m/s. Le coefficient de Manning est de 70 et le fruit des berges est égal à 1,5. Les drains transportent

chacun une main d'eau de 10 l/s. Leur largeur en base est 30 cm avec une profondeur qui varie de 18 à 25 cm et une vitesse de 0,21 à 0,35 m/s. Le coefficient de Manning est égal à 30. Le fruit des berges m vaut 1,5. Les principales équations utilisées sont (25).

Les résultats du dimensionnement des canaux et des drains sont récapitulés dans les Tableaux suivants :

Tableau 8 : Récapitulatif du dimensionnement des canaux

Caractéristiques géométriques	Canaux secondaires	Canaux Tertiaires
Tirant d'eau (m)	0.75 à 0.3	0.25
Largeur au plafond (m)	0.70 à 0.4	0.3
Revanche (m)	0.2	0.2
Largeur en crête des cavaliers (m)	1	0.4
Talus intérieur	1/1	3/2
Talus extérieur	3/2	3/2
Vitesse (m/s)	0.21 à 0.46	0.09 à 0.22
Pente (cm/km)	0.2	Variable
Protection latérite sur les cavaliers	Oui	Non

NB : la pente des canaux tertiaires épouse le terrain naturel et une pente moyenne de 0.0006 a été utilisée pour des cas de contre pente. Les principales équations utilisées sont (25) .

Tableau 9 : Récapitulatif du dimensionnement des drains

Caractéristiques géométriques	Drain collecteur	Drain secondaires	Drain Tertiaires
Tirant d'eau (m)	0.5 à 1.2	0.32 à 0.83	0.28
Largeur au plafond (m)	1.5	0.80 à 0.50	0.3
Revanche (m)	0.2	0.2	0.2
Talus intérieur	3 sur 2	3 sur 2	3 sur 2
Talus extérieur	3 sur 2	3 sur 2	3 sur 2
Vitesse (m/s)	0.10 à 0.14	0.09 à 0.11	0.05 à 0.07
Pente du fond du canal (cm/km)	0.5	0.5	0.5
Protection latérite sur les cavaliers	Oui	Non	Non

V.5.3.2.2. Calage des canaux et drains

Les calculs pour le calage des canaux d'irrigation, ont donné pour l'ensemble du réseau, des canaux ayant un profil mixte (le fond du canal se trouve en bas du TN et souvent totalement en remblais mais jamais totalement en déblai). Ceci afin de dominer toutes les superficies exception faite des singularités les plus marquées et de se conformer à la topographie du terrain. Les principales équations utilisées sont (30) et (25).

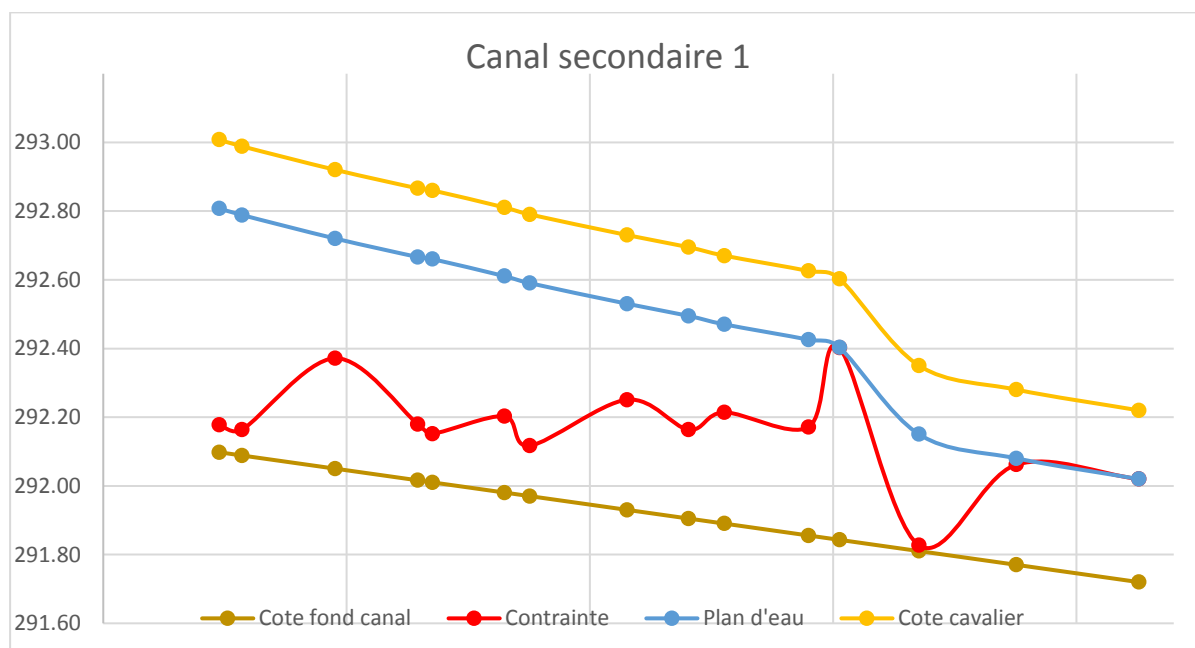


Figure 8 : Comparaison ligne d'eau CS1 et contraintes hydrauliques CT

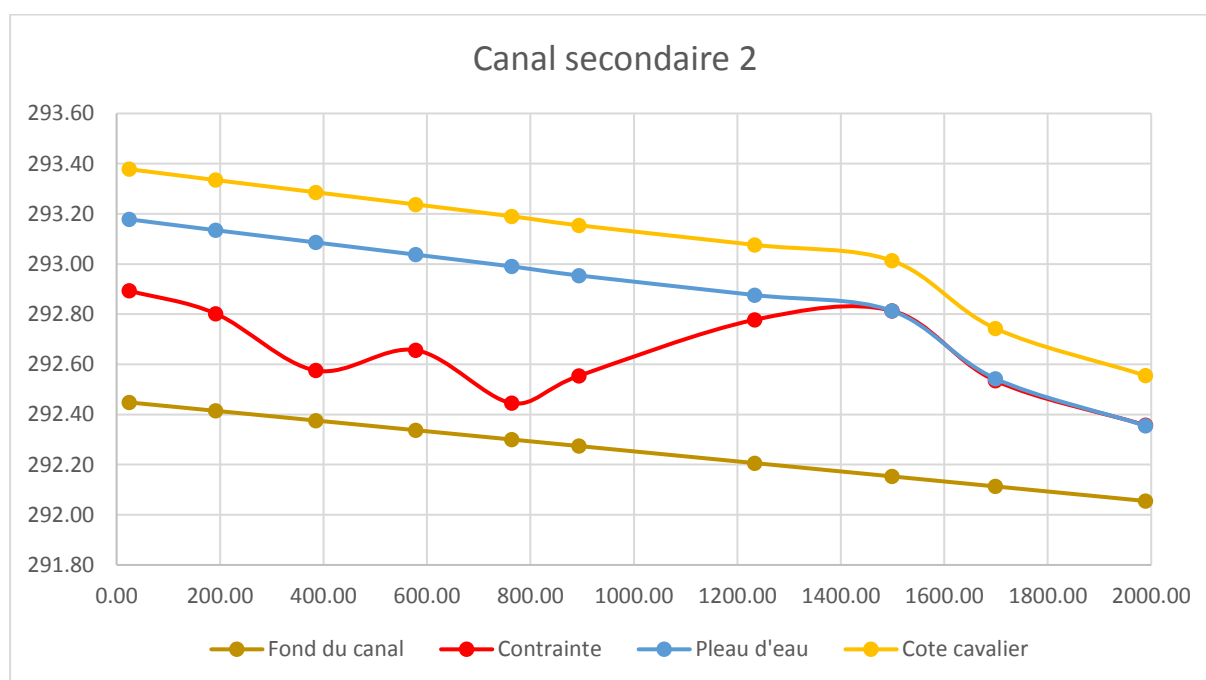


Figure 9 : Comparaison ligne d'eau CS2 et contraintes hydrauliques CT

Calage du fond du drain secondaire a été effectué en tenant compte de la contrainte de cote imposée aux débouchés des drains tertiaires et de la section nécessaire pour transiter les débits projetés. Les principales équations utilisées sont (31).

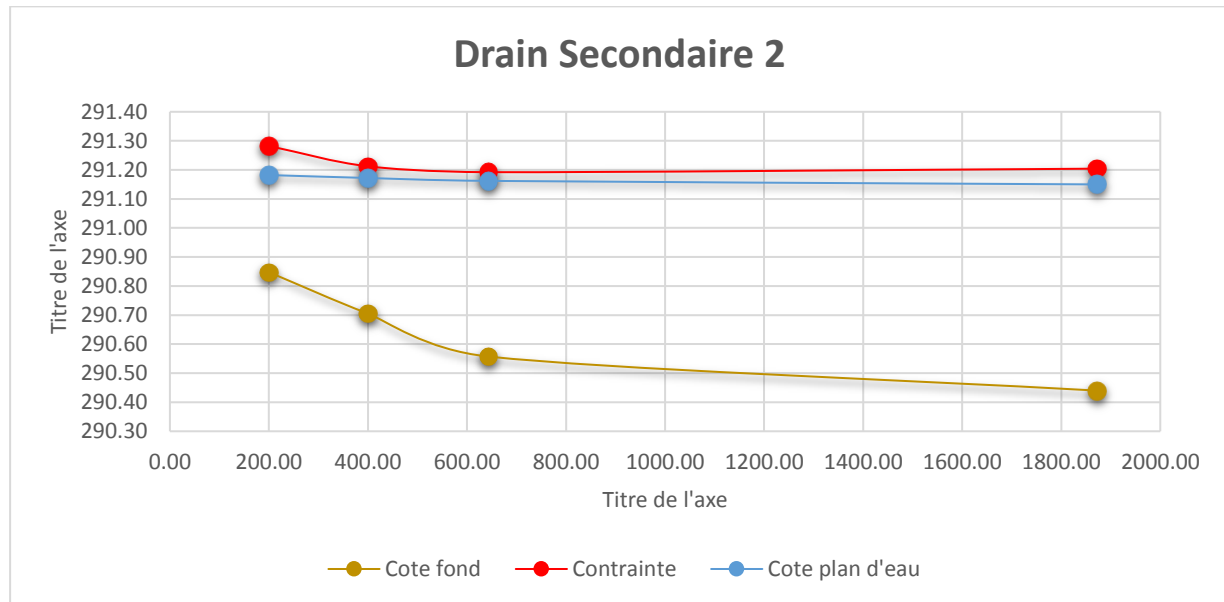


Figure 10 : Comparaison ligne d'eau DS2 et contraintes hydrauliques DT

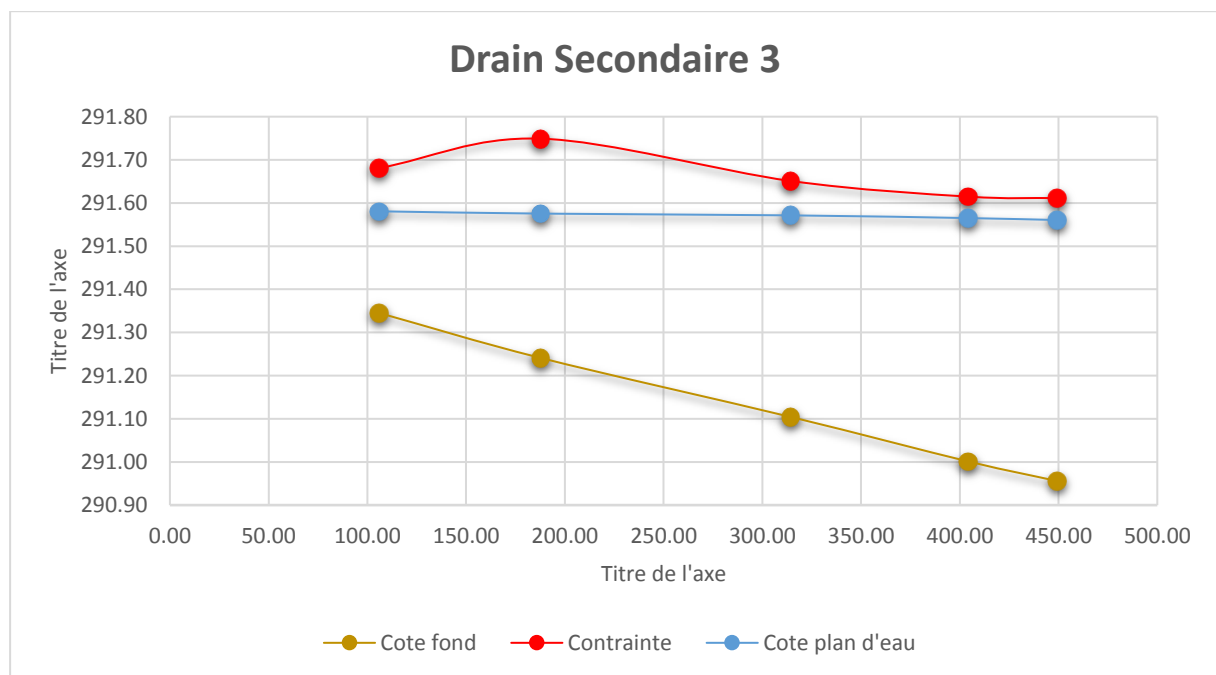


Figure 11 : Comparaison ligne d'eau DS3 et contraintes hydrauliques DT

Les drains sont entièrement en déblai car ils doivent être calés en deçà de la côte la plus basse observée afin de pouvoir récupérer toutes les eaux sur la parcelle.

V.5.4. Les ouvrages ponctuels du réseau d'irrigation et de drainage

V.5.4.1. Les ouvrages de Prises

Elles sont constituées d'un tuyau PVC de diamètre 160 et 200 traversant le cavalier du canal tertiaire. Les principales équations utilisées sont (35) et (37) .

Tableau 10 : Caractéristiques des prises sur le tertiaire

Type	L	Q (m3/s)	Dth (mm)	DN	Dint (mm)	J
1	2	0.015	138.19766	160	175	0.03739445
2	2	0.03	195.441005	200	203.4	0.07891846

V.5.4.2. Débouché des drains.

Ils seront installés perpendiculairement à la piste du drain et protégés par des enrochements en amont et à l'aval. Les principales équations utilisées sont (35) et (37).

Les calculs ont donné les résultats suivants dans les Tableaux suivants :

Tableau 11 : Caractéristiques des débouchés de drain secondaire

Drain	L	Q (m3/s)	Dth (mm)	Dint (mm)	DN	Vr (m/s)	J
DS1	2.00	0.04	225.68	226.20	250.00	1.00	0.09
DS2	2.00	0.10	356.82	361.80	400.00	0.97	0.08
DS3	2.00	0.07	298.54	285.00	315.00	1.10	0.10
DS4	2.00	0.20	504.63	485.80	500.00	1.08	0.09
DS5	2.00	0.02	159.58	180.20	200.00	0.78	0.06

Tableau 12 : Caractéristiques des débouchés de drain tertiaire

Type	L	Q (m3/s)	Dth (mm)	Dint (mm)	DN	Vr (m/s)	ΔH	J
1.00	2.00	0.01	112.84	144.60	160.00	0.61	0.00	0.04
2.00	2.00	0.02	159.58	180.20	200.00	0.78	0.01	0.06
3.00	2.00	0.03	195.44	180.20	200.00	1.18	0.01	0.13
4.00	2.00	0.04	225.68	226.20	250.00	1.00	0.01	0.09

V.5.4.3. Ouvrages de sécurité

Tous les canaux secondaires seront munis des déversoirs de sécurité de type latéral positionné en face du drain le plus proche facilitant ainsi l'évacuation des eaux. Le déversoir latéral sera calé à 5 cm au-dessus du plan d'eau maximal et avec une charge de 10 cm. Les principales équations utilisées sont (35).

Les calculs ont donné les résultats suivants dans le Tableau suivant :

Tableau 13 : Caractéristiques des déversoirs de sécurité

Canal	Déversoir	Cote cavalier	Qmax à transiter (l/s)	Charge sur déversoir	Cote seuil déversoir	Longueur déversoir à
CS1	D1	292.22	30	0.1	292.12	0.7
	D2	292.28	75	0.1	292.180344	1.7
	D3	292.60	135	0.1	292.50308	3.1
CS2	D1	292.56	15	0.1	292.455	0.4
	D2	292.74	45	0.1	292.643042	1.1
	D3	293.01	75	0.1	292.913042	1.7

V.5.4.4. Ouvrage de régulation

Le fonctionnement du canal est en commande à l'amont. Dans ce cas il s'agit de seuils fixes de type Giraudet et transversal qui seront placés à la fin de chaque bief pour maintenir le plan d'eau amont dominant les prises.

Les résultats du dimensionnement des régulateurs sur les canaux secondaires sont fournis dans le Tableau ci-après :

Tableau 14 : Caractéristiques des ouvrages de régulations sur les canaux secondaires

Canal Secondaire	Régulateur	PEamont (m)	Qmax à transiter (l/s)	Charge déversoir	Cote déversoir	Longueur déversoir	Type
CS1	R1	292.08	75	0.1	291.98	1.4	Transversal
	R2	292.40	135	0.1	292.30	2.7	Giraudet
CS2	R3	292.54	45	0.1	292.44	0.9	Transversal
	R4	292.81	75	0.1	292.71	1.4	Transversal

V.5.4.5. Digue de protection

Elle est destinée à la protection du périmètre irrigué contre les eaux de ruissellements extérieures et éviter le débordement des eaux destinées à l'irrigation.

Elle sera calée à la cote de crue décennale du fleuve Niger soit 293,30 m.

Les caractéristiques des digues à réaliser sont données dans le Tableau 21 suivant :

Tableau 15 : Caractéristiques des digues de protection

Paramètres	Dimensions
PHE (m)	293.30
Revanche (m)	0.50
Côte de la crête de la digue (m)	293.80
Hauteur maximale de la digue (m)	2.50

Lc KNAPPEN (m)	2.61
Lc PREECE (m)	2.74
Largeur en crête retenue Lc (m)	3.00
Fruit des talus m	3 sur 2
Largeur à la base Lf max (m)	12.00
couche de latérite sur la crête (m)	0.10
Protection des talus	perrés secs

A cette côte, on constate que la digue ne pourra être inondée qu'à la crue décennale humide qui fait 293.33 mètres.

✓ **Stabilité des talus de la digue**

L'étude de stabilité des talus de la digue a donné des coefficients de sécurité variant de 10.1 à 4,33 par la méthode de Mohr-Coulomb. Le coefficient de sécurité minimal trouvé est supérieur à 1.5, alors la stabilité des talus des digues est assurée.

✓ **Protection de la digue**

La protection du talus amont contre le battillage des eaux sera assurée par une couche de perrés secs en enrochements en moyenne 25 cm d'épaisseur rangés à la main et posés sur une couche de géotextile d'épaisseur 10 cm. Les enrochements seront soigneusement bloqués les uns contre les autres par des éclats de pierres. La couche de perrés sera bloquée en pied de talus par une butée de pied en enrochements.

V.5.4.6.Station de pompage

Il sera prévu deux (02) stations de pompage dont une pour chaque secteur. Ainsi :

- ✓ La station de pompage STP1 irriguera une superficie nette de 138.93 ha avec un débit de pompage de 350 l/s ;
- ✓ La station de pompage STP2 irriguera une superficie nette de 119.62 ha avec un débit de pompage de 255 l/s;

Compte tenu du marnage du niveau du fleuve, il est envisagé des groupes motopompes sur chariot facilement déplaçables suivant le niveau du fleuve. Le talus des berges sera aménagé à cet effet en maçonnerie avec une pente de 5/1 pour permettre les déplacements. Les motopompes sont caractérisées d'une part par leur débit de pompage et d'autre part par leur hauteur manométrique totale (HMT). Les principales équations utilisées sont (40) (41) (42) et (43). Les caractéristiques des pompes sont fournies dans le Tableau ci-dessous :

Tableau 16 : Caractéristiques des pompes

Désignation	STP 1		STP 2	
	Pompe 1	Pompe 2	Pompe 1	Pompe 2
Débit en tête du réseau (m3/s)	0.23	0.12	0.18	0.09
Niveau d'aspiration (m)	287.38	287.38	287.38	287.38
Niveau de refoulement (m)	292.35	292.35	292.15	292.15
Hg (m)	4.97	4.97	4.77	4.77
Longueur refoulement (m)	1050.63	1050.63	1050.63	1050.63
Pertes refoulement (m)	4.68	2.86	2.98	1.82
Pertes singulières (m)	0.47	0.29	0.30	0.18
HMT (m)	10.12	8.12	8.05	6.78
Q (m3/s)	0.54	0.54	0.54	0.54
Rendement (%)	0.82	0.82	0.82	0.82
Puissance de la pompe (KW)	65.61	52.63	52.19	43.92
Rendement (%)	0.75	0.75	0.75	0.75
Puissance du moteur (KW)	87.48	70.18	69.58	58.56
NPHD requis (m)	3.80	3.80	3.80	3.80
NPHD requis (m) +0.50 m	4.30	4.30	4.30	4.30
NPHD calculé (m)	4.60	6.62	6.49	7.76

Au total nous avons choisi 4 pompes pour les deux stations de pompage, soit deux pompe par station.

VI. NOTICE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL

La présente partie du rapport s'attache à décrire les récepteurs de l'environnement influencés par le projet, de façon directe ou indirecte, négative ou positive, à différents degrés pendant et après les travaux des ouvrages projetés. Cette description porte sur la composante biophysique (sol, eau, air, flore, faune) et la composante socio-économique (population, santé et sécurité, activités, patrimoine, etc.) de l'environnement.

VI.1. Impact du projet

VI.1.1. Impacts en phase de réalisation

❖ Sécurité et santé des populations

La sécurité et la santé des populations peuvent être affectées par les travaux sur toute l'emprise

du projet. Les impacts identifiés sont les suivants :

- ✓ Risques liés aux travaux de chantier, à la circulation des engins de chantier ;
- ✓ Problèmes de santé publique liés au bruit, à la pollution de l'air ;
- ✓ Problèmes de santé publique et dégradation du cadre de vie ;
- ✓ Les accidents de circulations.

L'impact sur la sécurité et la santé des populations est fort, en raison de la valeur élevée de la composante et de l'intensité de certaines des perturbations susmentionnées.

❖ **Activités**

Le chantier des ouvrages projetés présente également une incidence notable sur les activités :

Impacts positifs :

Les impacts positifs sur l'environnement sont les suivants :

- ✓ Création et développement des petites activités riveraines, génératrices de revenus;
- ✓ Augmentation de la demande de service de logement ;
- ✓ Création d'emplois (manœuvres, ouvriers, gardiens) ;
- ✓ De manière générale, stimulation de l'économie locale, du travail des femmes, réduction de la pauvreté, amélioration des conditions de vie des populations.

Impacts négatifs :

- ✓ Perturbation de quiétude de la population liée aux travaux du projet ;
- ✓ Dérangement possible, à différents stades de réalisation du projet, lié aux interventions à l'intérieur des propriétés privées pour des besoins d'études ;
- ✓ Suspension ou forte perturbation temporaire des activités.

Les effets du projet sur les activités sont significatifs mais d'importance modérée compte tenu de leur caractère local est essentiellement temporaire, aussi bien pour les impacts positifs que négatifs.

❖ **Conflits sociaux**

Des situations de conflits sociaux peuvent apparaître dans les cas de figures ci-après, sur les différents secteurs d'implantation du projet :

- ✓ Conflits sociaux liés à l'emploi de main d'œuvre étrangère, par friction avec la population riveraine en cas de non-respect des us et coutumes locaux ;
- ✓ Conflits sociaux en cas d'occupation de terrains publics ou privés, à des fins de stockage non autorisé de matériaux et d'engins de chantier;
- ✓ Conflits sociaux résultant de la perturbation des activités agricoles, économiques ou

culturelles.

L'impact sur cette composante de l'environnement humain, qui touche potentiellement des activités et la population, reste modéré en raison du caractère local et temporaire des effets.

VI.1.2.Impacts en phase de construction

❖ Sécurité et santé des populations

Le risque d'accidents et maladies lié aux ouvrages projetés se rencontre dans les interventions sur les ouvrages des agents en charge des opérations d'exploitation, d'entretien et de maintenance.

❖ Activités

En dehors de ce qui relève de la sécurité et santé de la population, l'impact des ouvrages sur les activités en phase d'exploitation est négligeable, limité aux interventions de surveillance. Il n'est pas prévu d'opérations de terrassement, hors situation exceptionnelle : à supposer que ce cas de figure se présente, les incidences seraient par nature analogues à celles décrites pour la phase de construction, mais à un niveau extrêmement limité.

VI.2. Mesures d'atténuations

VI.2.1.Mesures associées à la phase de construction

❖ Mesures relatives aux composants air et bruit

Utilisation d'engins en bon état, respect des niveaux sonores réglementaires, limitation des émissions de poussières par arrosage et en évitant de travailler par temps venteux ; optimisation des rotations de camions.

❖ Mesures pour la sécurité et la santé des populations

Mesures de compensation sont les suivantes :

- ✓ Gestion des risques professionnels sur le chantier : port des équipements de sécurité (casques, gants, chaussures de sécurité, protections visuelles et auditives, etc.) ;
- ✓ Mise à disposition de matériels de soin et de premier secours ; protection contre les serpents ;
- ✓ Maîtrise de l'exposition des populations riveraines : protection / sécurisation des accès au chantier, gestion des circulations d'engins, information /communication visant les personnels de chantier et les populations riveraines (sécurité, comportements et relations entre populations) ;
- ✓ Sensibilisation de la population et du personnel des entreprises au risque de Maladie sexuellement transmissibles.

❖ **Mesures relatives à la faune à la flore**

Mesures de compensation sont les suivantes :

- ✓ Reboisement d'arbres sur 2 ha au niveau du site et emprunts exploités ;
- ✓ Remise en état des sites après travaux (nivellement, réensemencement) ;
- ✓ Récupération et stockage des rémanents sur place, pour mise à disposition des populations riveraines.

❖ **Mesures relatives aux situations de conflits sociaux**

Mesures d'évitement et de réduction :

- ✓ Information auprès des intervenants de chantier et des populations riveraines : sécurité du chantier, comportements et relations entre populations, prise en compte des activités agricoles, économiques et culturelles ;
- ✓ Encadrement rigoureux de l'occupation des terrains privés. On relèvera notamment que tous les terrains nécessaires à la réalisation des ouvrages feront l'objet d'une autorisation d'occupation, conformément aux dispositions réglementaires en vigueur.

VI.2.2. Mesures associées à la phase d'exploitation

❖ **Mesures générales et communes aux différentes composantes du milieu**

Mesures d'évitement et de réduction :

- ✓ Application stricte des dispositions réglementaires et normatives dans l'implantation des ouvrages, la préparation et la conduite des interventions ;
- ✓ Encadrement et supervision rigoureux des opérations de maintenance ;
- ✓ Délimitation précise des interventions.

❖ **Mesures relatives aux composantes sol et eau, air et bruit**

Les mesures d'évitement et de réduction concernent essentiellement la gestion des circulations de véhicules : utilisation d'engins en bon état, respect des niveaux sonores réglementaires.

VII. ETUDE DES COUTS

VII.1. Avant métrés :

Les avant métrés des travaux sont présentés en détail en annexe pour les terrassements des canaux, drains et digues et pour les ouvrages ponctuels.

Les métrés de terrassement ont été déterminés à partir du logiciel COVADIS. Ceux des ouvrages ont été faits à partir des plans des ouvrages types. Les différents types d'ouvrage ont été définis et le nombre nécessaire a été estimé.

VII.2. Estimation des coûts :

Il a été établi sur la base d'avant métrés des plans types proposés; des quantités de cubatures des ouvrages linéaires et de prix unitaires issus de marchés récents.

Le cout des travaux est estimé à :

Un milliard cent quatorze millions sept cent quatre-vingt-deux mille cent un (1 114 782 101) F CFA, soit un cout de Quatre millions quatre-vingt-quinze mille neuf cent quatre (4 095 904) FCFA par hectare aménagé.

VII.3. Récapitulatif des coûts du projet

Le coût net aménagé du projet est estimé à 1 114 782 101 FCFA HT soit un coût net à l'hectare d'environ 4 095 904 FCFA. Le Tableau donne le récapitulatif des coûts du projet :

Tableau 17 : Récapitulatif des coûts du projet

DÉSIGNATION	MONTANT (F CFA)
Série 100 : Installations et services	3 000 000
Série 200 : Terrassements	888 493 663
Série 200 : Ouvrages	172 765 418
Série 400 : Conduites pvc et bétons	16 868 420
Série 500 : Maçonnerie / gabions / enrochements	1 572 600
Série 600 : Asservissements et équipements hydromécaniques	7 282 000
Série 700 : Station de pompage	24 800 000
Total série	1 114 782 101
Superficie brute irriguée	272.17
Coût à l'hectare de aménagé	4 095 904

VIII. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

VIII.1. Conclusion et perspective

Au terme de cette étude nous pouvons dire que la culture du riz dans la plaine de Kamani jouera un rôle très important dans l'autosuffisance en riz du Mali. Les résultats de l'étude menée dans la zone du projet nous ont permis de mieux cerner les potentialités à la production du riz, une meilleure conception des infrastructures hydro agricoles et une gestion optimale des ressources en eau. Le coût total des travaux d'aménagement hydro-agricole du périmètre irrigué de Kamani s'élève un milliard cent quatorze millions sept cent quatre-vingt-deux mille cent un (1 114 782 101 FCFA) ; soit un coût d'aménagement à l'hectare de quatre millions quatre-vingt-quinze mille neuf cent quatre (4 861 182 FCFA) par hectare.

VIII.2. Recommandations

Les recommandations vont à l'endroit du Projet de Renforcement de la Résilience à l'Insécurité Alimentaire au Mali (PRIA-MALI), aux bénéficiaires directs du projet qui sont les producteurs et au bureau d'étude SERTAS.

Nous soumettons les recommandations suivantes :

- ✓ veiller à la mise en œuvre des résultats de la présente étude lors de l'exécution des travaux ;
- ✓ réaliser des études pédologiques plus accentuées lors des aménagements futurs ;
- ✓ établir un manuel d'entretien qui définira la nature des interventions et
- ✓ leur périodicité ;
- ✓ de veiller à la transformation progressive des systèmes d'irrigations des périmètres en systèmes d'irrigation moderne ;
- ✓ de veiller au respect des règles d'exploitations et de gestion du périmètre irrigué.

IX. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ALLEN G., R., & PEREIRA S., L. (1990, mai). "FAO Irrigation and Drainage N° 56."
- ANDRIANISA, H. (2014, mars). " Cours de Pompes et Stations de Pompage, 2iE. "
- BOUBE, B. (2014, novembre). "Bases d'Irrigation, 2iE. "
- COMPAORE, M. (1998, octobre). " Cours de Techniques d'Irrigation de Surface ou d'Irrigation Gravitaire à la Parcelle 2è EDITION. "
- CPS. (2009, Septembre). " Cellule de Planification et de Statistiques "
- CERDES. (2014, Octobre). " Centre d'Etudes et de Recherche pour la Démocratie et le Développement Economique et Social. "
- DJOUKAM, J. (1999a, Juin). " Guide de conception des stations de pompage. DJOUKAM. "
- FAO. (2002a). "Crop water requirements and irrigation scheduling, FAO."
- FAO. (2002b). "Planning, Development Monitoring and Evaluation of Irrigated Agriculture with Farmer Participation, FAO."
- HAROUNA, K. (2007). " Cours d'hydrologie, 2iE. "
- KEÏTA, A. 2009. " Irrigation Gravitaire ou de Surface, 2iE. "
- MESSAN, A. (2011, Décembre). " Ouvrage d'art-Conception et dimensionnement des petits ouvrages d'assainissement routier, 2iE. "
- MOUNIROU, A. (s. d.). " Essentiel de l'Hydraulique à Surface Libre, 2iE. "
- OURAHOU M. (2003, mars). " Dimensionnement et Conception des Canaux d'Irrigation. "
- ODHD. (2014, Octobre). " Observatoire du Développement Humain Durable. "
- SOGETHA. (1969). " Les Ouvrages d'un petit réseau d'irrigation : Techniques rurales en Afrique. "
- TRAN MINH, D. (1995, novembre). " Conception et Ouvrages d'un Réseau d'Irrigation Gravitaire. "

ANNEXES

<i>ANNEXE 1 : NOTES DE CALCUL.....</i>	<i>45</i>
<i>ANNEXE 2 : ETUDES STATISTIQUE DES DONNEES CLIMATIQUES.....</i>	<i>72</i>
<i>ANNEXE 3 : PRESENTATION DES ETUDES TECHNIQUES DE BASE.....</i>	<i>76</i>
<i>ANNEXE 4 : PLAN DE GESTION ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL</i>	<i>95</i>
<i>ANNEXE 5 : AVANT-METRE</i>	<i>111</i>
<i>ANNEXE 6 : DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF DU PROJET.....</i>	<i>114</i>
<i>ANNEXE 7 : PIECES GRAPHIQUES DU PROJET</i>	<i>119</i>

ANNEXE 1 : NOTES DE CALCUL

I. Les besoins en eau des cultures

Tableau 1 : Feuille de calcul des besoins en eau du riz

Designation	Unité	Juin			Juillet			Août			Septembre		
Nombre de jour	jr	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
ET0	mm	52.1	52.1	52.1	43.1	43.1	43.1	38.4	38.4	38.4	40.7	40.7	40.7
Kc	-	1.09	1.1	1.11	1.13	1.15	1.16	1.16	1.16	1.16	1.13	1.08	1.04
ETM	mm	56.789	57.31	57.831	48.703	49.565	49.996	44.544	44.544	44.544	45.991	43.956	42.328
Saturation		95.76					-	-	-	-	-	-	-
Submersion		-	-	-	-	30	30	30	30	30	30	30	30
Entretien de la lame d'eau	mm	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Besoin en eau total	mm	327.69			268.264			283.632			282.275		
Pluie (P)	mm	138.35			236.35			312.24			206.13		
Pluie efficace(Pe)	mm	83.01			141.81			187.344			123.678		

Besoin Net	mm	244.68	126.45	96.29	158.60
Besoin Brut	mm	301.24	155.68	118.54	195.26
Besoin Brut	m ³ /ha	3012.37	1556.84	1185.45	1952.56
DFC 24h/24	l/s/ha	1.16	0.60	0.46	0.75
DMP	l/s/ha	2.32	1.20	0.91	1.51

Tableau 2 : Feuille de calcul des besoins en eau de la tomate

Designation	Unité	Décembre			Janvier			Février			Mars			Avril		
Nombre de jour	jr	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	5
ETO	mm	48.1	48.1	48.1	52.8	38.5	38.5	61.2	61.2	61.2	70.4	70.4	70.4	71.1	71.1	35.55
Kc	-	0.6	0.6	0.6	0.69	0.83	0.98	1.13	1.15	1.15	1.15	1.15	1.14	1.03	0.91	0.83
ETM	mm	28.86	28.86	28.86	36.43	31.96	37.73	69.16	70.38	70.38	80.96	80.96	80.256	73.23	64.7	29.507
Infiltration	mm	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20

Besoin en eau total	mm	146.58	166.117	269.916	302.176	227.4405
Pluie (P)	mm	0.44	1.08	0.21	0.91	17.90
Pluie efficace(Pe)	mm	0.264	0.648	0.126	0.544	10.74
Besoin Net	mm	146.316	165.469	269.79	301.632	216.7005
Besoin Brut	mm	202.65	229.18	373.67	417.77	300.14
Besoin Brut	m ³ /ha	2026.54	2291.81	3736.70	4177.73	3001.39
DFC 24h/24	l/s/ha	0.78	0.88	1.44	1.61	3.47
DMP 24h/24	l/s/ha	1.56	1.77	2.88	3.22	2.78

II. Calage et dimensionnement des canaux et drains

Réseau d'irrigation

Tableau 3 : Dimensionnement du canal tertiaire

Canaux	Canaux tertiaires	Longueur(m)	Débit d'équipement		m	I (m/m)	Ks	b(m)	Q/I ^{1/2}	Ks*Rh	Yn	S	V (m/s)	Dimen. retenue	
			l/s	m ³ /s										b	H
CS1	CT1-1	524.26	15.00	0.015	1.50	0.0006	25.00	0.30	0.62	0.41	0.15	0.08	0.19	0.30	0.45
	CT1-2	242.12	15.00	0.015	1.50	0.0016	25.00	0.30	0.38	1.14	0.25	0.17	0.09	0.30	0.45
	CT1-3	559.84	30.00	0.030	1.50	0.0006	25.00	0.30	1.22	1.22	0.26	0.18	0.17	0.30	0.45
	CT1-4	279.18	15.00	0.015	1.50	0.0007	25.00	0.30	0.56	0.56	0.18	0.10	0.15	0.30	0.45
	CT1-5	559.45	30.00	0.030	1.50	0.0006	25.00	0.30	1.22	1.22	0.26	0.18	0.17	0.30	0.45
	CT1-6	433.23	30.00	0.030	1.50	0.0006	25.00	0.30	1.22	1.22	0.26	0.18	0.17	0.30	0.45
	CT1-7	559.53	30.00	0.030	1.50	0.0012	25.00	0.30	0.87	0.87	0.22	0.14	0.22	0.30	0.45
	CT1-8	424.02	30.00	0.030	1.50	0.0009	25.00	0.30	1.02	1.02	0.24	0.16	0.19	0.30	0.45
	CT1-9	418.56	15.00	0.015	1.50	0.0009	25.00	0.30	0.49	0.49	0.16	0.09	0.17	0.30	0.45
	CT1-10	373.29	15.00	0.015	1.50	0.0006	25.00	0.30	0.61	0.61	0.18	0.11	0.14	0.30	0.45
	CT1-11	364.69	15.00	0.015	1.50	0.0006	25.00	0.30	0.61	0.61	0.18	0.11	0.14	0.30	0.45
	CT1-12	405.44	15.00	0.015	1.50	0.0006	25.00	0.30	0.61	0.61	0.18	0.11	0.14	0.30	0.45
	CT1-13	371.82	15.00	0.015	1.50	0.0006	25.00	0.30	0.61	0.61	0.18	0.11	0.14	0.30	0.45
	CT1-14	373.52	15.00	0.015	1.50	0.0006	25.00	0.30	0.61	0.61	0.18	0.11	0.14	0.30	0.45
	CT1-15	368.00	15.00	0.015	1.50	0.0006	25.00	0.30	0.61	0.61	0.18	0.11	0.14	0.30	0.45
	CT1-16	373.52	15.00	0.015	1.50	0.0006	25.00	0.30	0.61	0.61	0.18	0.11	0.14	0.30	0.45

	CT1-17	287.30	15.00	0.015	1.50	0.0006	25.00	0.30	0.61	0.61	0.18	0.11	0.14	0.30	0.45
	CT1-18	380.55	15.00	0.015	1.50	0.0006	25.00	0.30	0.61	0.61	0.18	0.11	0.14	0.30	0.45
CS2	CT2-1	593.33	15.00	0.015	1.50	0.0006	25.00	0.30	0.61	0.61	0.18	0.11	0.14	0.30	0.45
	CT2-2	633.34	30.00	0.030	1.50	0.0006	25.00	0.30	1.22	1.22	0.26	0.18	0.17	0.30	0.45
	CT2-3	638.99	30.00	0.030	1.50	0.0006	25.00	0.30	1.22	1.22	0.26	0.18	0.17	0.30	0.45
	CT2-4	577.41	30.00	0.030	1.50	0.0006	25.00	0.30	1.22	1.22	0.26	0.18	0.17	0.30	0.45
	CT2-5	663.49	30.00	0.030	1.50	0.0007	25.00	0.30	1.12	1.12	0.25	0.17	0.18	0.30	0.45
	CT2-6	370.71	15.00	0.015	1.50	0.0005	25.00	0.30	0.67	0.69	0.20	0.12	0.13	0.30	0.45
	CT2-7	489.50	15.00	0.015	1.50	0.0006	25.00	0.30	0.61	0.61	0.18	0.11	0.14	0.30	0.45
	CT2-8	388.66	15.00	0.015	1.50	0.0006	25.00	0.30	0.61	0.61	0.18	0.11	0.14	0.30	0.45
	CT2-9	250.21	15.00	0.015	1.50	0.0011	25.00	0.30	0.46	0.46	0.16	0.09	0.18	0.30	0.45
	CT2-10	326.91	15.00	0.015	1.50	0.0006	25.00	0.30	0.61	0.61	0.18	0.11	0.14	0.30	0.45
	CT2-11	556.75	15.00	0.015	1.50	0.0006	25.00	0.30	0.61	0.61	0.18	0.11	0.14	0.30	0.45
	CT2-12	446.37	15.00	0.015	1.50	0.0006	25.00	0.30	0.61	0.61	0.18	0.11	0.14	0.30	0.45
	CT2-13	508.53	15.00	0.015	1.50	0.0009	25.00	0.30	0.51	0.51	0.17	0.09	0.16	0.30	0.45
	CT2-14	203.70	15.00	0.015	1.50	0.0006	25.00	0.30	0.61	0.61	0.18	0.11	0.14	0.30	0.45

Tableau 4 : Dimensionnement du canal tertiaire

Canaux	Troncon		Longueur (m)	Debit d'equipement		m	I	Ks	b(m)	Q/I ^{1/2}	Ks*Rh	Yn	S	V	Dimen. retenue	
	Amont	Aval		l/s	m3/s										b	H
CS1	CT1-3 et CT1-4	CT1-1 et CT1-2	251.72	30	0.0300	1	0.0002	70	0.4	2.12	2.21	0.21	0.12	0.24	0.40	0.60
	CT1-5	CT1-3 et CT1-4	200.06	75	0.0750	1	0.0002	70	0.4	5.30	5.30	0.33	0.24	0.32	0.40	0.60
	CT1-6	CT1-5	163.62	105	0.1050	1	0.0002	70	0.4	7.42	7.42	0.39	0.31	0.34	0.40	0.60
	CT1-7	CT1-6	63.60	135	0.1350	1	0.0002	70	0.4	9.55	9.55	0.44	0.37	0.37	0.40	0.60
	CT1-8	CT1-7	172.72	165	0.1650	1	0.0002	70	0.5	11.67	11.67	0.45	0.43	0.38	0.50	0.70
	CT1-9	CT1-8	73.76	195	0.1950	1	0.0002	70	0.5	13.79	13.79	0.49	0.49	0.40	0.50	0.70
	CT1-10	CT1-9	126.24	210	0.2100	1	0.0002	70	0.5	14.85	14.85	0.51	0.51	0.41	0.50	0.70
	CT1-12	CT1-10	200.00	225	0.2250	1	0.0002	70	0.5	15.91	15.91	0.53	0.54	0.42	0.50	0.70
	CT1-11	CT1-12	51.90	240	0.2400	1	0.0002	70	0.5	16.97	16.97	0.54	0.57	0.42	0.50	0.70
	CT1-14	CT1-11	148.10	255	0.2550	1	0.0002	70	0.5	18.03	18.03	0.56	0.59	0.43	0.50	0.70
	CT1-13	CT1-14	30.27	270	0.2700	1	0.0002	70	0.5	19.09	19.09	0.58	0.62	0.44	0.50	0.70
	CT1-15 et CT1-16	CT1-13	169.99	285	0.2850	1	0.0002	70	0.7	20.15	20.15	0.53	0.65	0.44	0.70	0.80
	CT1-17	CT1-15 et CT1-16	191.11	315	0.3150	1	0.0002	70	0.7	22.27	22.27	0.56	0.70	0.45	0.70	0.80
	CT1-18	CT1-17	46.86	330	0.3300	1	0.0002	70	0.7	23.33	23.33	0.57	0.72	0.46	0.70	0.80

		CT1-18	238.35	345	0.3450	1	0.0002	70	0.7	24.40	24.40	0.58	0.75	0.46	0.70	0.80
CS2	CT2-2	CT2-1	290.21	15	0.0150	1	0.0002	70	0.3	1.06	1.06	0.16	0.07	0.21	0.30	0.50
	CT2-3	CT2-2	200.00	45	0.0450	1	0.0002	70	0.3	3.18	3.18	0.28	0.16	0.28	0.30	0.50
	CT2-4	CT2-3	265.47	75	0.0750	1	0.0002	70	0.3	5.30	5.30	0.36	0.24	0.32	0.30	0.70
	CT2-5 et CT2-6	CT2-4	339.33	105	0.1050	1	0.0002	70	0.3	7.42	7.42	0.42	0.31	0.34	0.30	0.70
	CT2-7	CT2-5 et CT2-6	129.74	150	0.1500	1	0.0002	70	0.4	10.61	10.61	0.46	0.40	0.38	0.40	0.70
	CT2-8 et CT2-9	CT2-7	185.63	165	0.1650	1	0.0002	70	0.4	11.67	11.67	0.48	0.43	0.38	0.40	0.70
	CT2-10 et CT2-11	CT2-8 et CT2-9	193.43	195	0.1950	1	0.0002	70	0.4	13.79	13.79	0.53	0.49	0.40	0.40	0.80
	CT2-12 et CT2-13	CT2-10 et CT2-11	193.43	225	0.2250	1	0.0002	70	0.5	15.91	15.91	0.53	0.54	0.42	0.50	0.80
	CT2-14	CT2-12 et CT2-13	167.39	255	0.2550	1	0.0002	70	0.5	18.03	18.03	0.56	0.59	0.43	0.50	0.80
		CT2-14	24.30	270	0.2700	1	0.0002	70	0.5	19.09	19.09	0.58	0.62	0.44	0.50	0.80

Tableau 5 : Calage des canaux tertiaires

Canaux			PM(m)	Cote TN			Cote projet			Yn.Cal	Yn. Imposé	Cote plan d'eau		Cavalier	
CS	CT	Longueur (m)		Amont	Aval	Pente (m/m)	Amont	Aval	Pente (m/m)			Amont	Aval	Amont	Aval
CS1	CT1-1	524.26	2 128.30	291.72	291.41	0.0006	291.72	291.41	0.0006	0.15	0.25	291.97	291.66	292.17	291.86
	CT1-2	242.12	2 128.30	291.72	291.34	0.0016	291.72	291.34	0.0016	0.25	0.25	291.97	291.59	292.17	291.79
	CT1-3	559.84	1 876.58	291.43	291.52	-0.0002	291.76	291.43	0.0006	0.26	0.25	292.01	291.68	292.21	291.88
	CT1-4	279.18	1 876.58	291.43	291.23	0.0007	291.43	291.23	0.0007	0.18	0.25	291.68	291.48	291.88	291.68
	CT1-5	559.45	1 676.52	291.50	291.16	0.0006	291.50	291.16	0.0006	0.26	0.25	291.75	291.41	291.95	291.61
	CT1-6	433.23	1 512.90	292.10	292.04	0.0001	292.10	291.84	0.0006	0.26	0.25	292.35	292.09	292.55	292.29
	CT1-7	559.53	1 449.30	291.84	291.17	0.0012	291.84	291.17	0.0012	0.22	0.25	292.09	291.42	292.29	291.62
	CT1-8	424.02	1 276.58	291.88	291.52	0.0009	291.88	291.52	0.0009	0.24	0.25	292.13	291.77	292.33	291.97
	CT1-9	418.56	1 202.82	291.83	291.44	0.0009	291.83	291.44	0.0009	0.16	0.25	292.08	291.69	292.28	291.89
	CT1-10	373.29	1 076.58	291.79	291.80	0.0000	291.92	291.70	0.0006	0.18	0.25	292.17	291.95	292.37	292.15
	CT1-11	364.69	876.58	291.51	291.68	-0.0005	291.90	291.68	0.0006	0.18	0.25	292.15	291.93	292.35	292.13
	CT1-12	405.44	824.68	291.57	291.86	-0.0007	291.82	291.57	0.0006	0.18	0.25	292.07	291.82	292.27	292.02
	CT1-13	371.82	676.58	291.50	291.66	-0.0004	291.88	291.66	0.0006	0.18	0.25	292.13	291.91	292.33	292.11

	CT1-14	373.52	646.31	291.47	291.63	-0.0004	291.85	291.63	0.0006	0.18	0.25	292.10	291.88	292.30	292.08
	CT1-15	368.00	476.32	291.59	291.85	-0.0007	292.07	291.85	0.0006	0.18	0.25	292.32	292.10	292.52	292.30
	CT1-16	373.52	476.32	291.59	291.63	-0.0001	291.85	291.63	0.0006	0.18	0.25	292.10	291.88	292.30	292.08
	CT1-17	287.30	285.21	291.86	291.83	0.0001	291.86	291.69	0.0006	0.18	0.25	292.11	291.94	292.31	292.14
	CT1-18	380.55	238.35	291.88	291.80	0.0002	291.88	291.65	0.0006	0.18	0.25	292.13	291.90	292.33	292.10
CS2	CT2-1	593.33	1 988.93	291.89	291.90	0.0000	292.06	291.70	0.0006	0.18	0.25	292.31	291.95	292.51	292.15
	CT2-2	633.34	1 698.72	291.62	291.83	-0.0003	292.21	291.83	0.0006	0.26	0.25	292.46	292.08	292.66	292.28
	CT2-3	638.99	1 498.72	291.69	292.10	-0.0006	292.48	292.10	0.0006	0.26	0.25	292.73	292.35	292.93	292.55
	CT2-4	577.41	1 233.25	292.14	292.10	0.0001	292.45	292.10	0.0006	0.26	0.25	292.70	292.35	292.90	292.55
	CT2-5	663.49	893.92	292.22	291.75	0.0007	292.22	291.75	0.0007	0.25	0.25	292.47	292.00	292.67	292.20
	CT2-6	370.71	893.92	292.22	292.03	0.0005	292.22	292.03	0.0005	0.20	0.25	292.47	292.28	292.67	292.48
	CT2-7	489.50	764.18	292.15	292.03	0.0002	292.15	291.85	0.0006	0.18	0.25	292.40	292.10	292.60	292.30
	CT2-8	388.66	578.55	292.14	292.12	0.0000	292.36	292.12	0.0006	0.18	0.25	292.61	292.37	292.81	292.57
	CT2-9	250.21	578.55	292.14	291.87	0.0011	292.14	291.87	0.0011	0.16	0.25	292.39	292.12	292.59	292.32
	CT2-10	326.91	385.12	291.95	292.08	-0.0004	292.28	292.08	0.0006	0.18	0.25	292.53	292.33	292.73	292.53
	CT2-11	556.75	385.12	291.95	291.61	0.0006	291.95	291.61	0.0006	0.18	0.25	292.20	291.86	292.40	292.06

	CT2-12	446.37	191.69	292.06	292.23	-0.0004	292.50	292.23	0.0006	0.18	0.25	292.75	292.48	292.95	292.68
	CT2-13	508.53	191.69	292.06	291.62	0.0009	292.06	291.62	0.0009	0.17	0.25	292.31	291.87	292.51	292.07
	CT2-14	203.70	24.30	292.36	292.47	-0.0005	292.59	292.47	0.0006	0.18	0.25	292.84	292.72	293.04	292.92

Tableau 6 : Calage des canaux secondaires

Canaux	Troncon		PK(m)	Longueur (m)	Cote TN			Cote projet			Yn.Cal	Yn. Imposé	Cote plan d'eau	Contrainte plan d'eau dans le tertiaire	Cavalier
	Amont	Aval			Amont	Aval	Pente (m/m)	Amont	Aval	Pente (m/m)					
CS1	CT1-3 et CT1-4	CT1-1 et CT1-2	2128.30	251.72	291.43	291.72	-0.00117	291.77	291.72	0.0002	0.21	0.30	292.02	292.02	292.22
	CT1-5	CT1-3 et CT1-4	1876.58	200.06	291.50	291.43	0.00035	291.81	291.77	0.0002	0.33	0.31	292.08	292.06	292.28
	CT1-6	CT1-5	1676.52	163.62	292.10	291.50	0.00370	291.84	291.81	0.0002	0.39	0.34	292.15	291.83	292.35
	CT1-7	CT1-6	1512.90	63.60	291.84	292.10	-0.00410	291.86	291.84	0.0002	0.44	0.56	292.40	292.40	292.60
	CT1-8	CT1-7	1449.30	172.72	291.88	291.84	0.00025	291.89	291.86	0.0002	0.45	0.57	292.43	292.17	292.63
	CT1-9	CT1-8	1276.58	73.76	291.83	291.88	-0.00068	291.91	291.89	0.0002	0.49	0.58	292.47	292.21	292.67
	CT1-10	CT1-9	1202.82	126.24	291.79	291.83	-0.00033	291.93	291.91	0.0002	0.51	0.59	292.50	292.16	292.70
	CT1-12	CT1-10	1076.58	200.00	291.57	291.79	-0.00109	291.97	291.93	0.0002	0.53	0.60	292.53	292.25	292.73
	CT1-11	CT1-12	876.58	51.90	291.51	291.57	-0.00123	291.98	291.97	0.0002	0.54	0.62	292.59	292.12	292.79

	CT1-14	CT1-11	824.68	148.10	291.47	291.51	- 0.00026	292.01	291.98	0.0002	0.56	0.63	292.61	292.20	292.81
	CT1-13	CT1-14	676.58	30.27	291.50	291.47	0.00099	292.02	292.01	0.0002	0.58	0.65	292.66	292.15	292.86
	CT1-15 et CT1-16	CT1-13	646.31	169.99	291.59	291.50	0.00054	292.05	292.02	0.0002	0.53	0.65	292.67	292.18	292.87
	CT1-17	CT1-15 et CT1-16	476.32	191.11	291.86	291.59	0.00141	292.09	292.05	0.0002	0.56	0.67	292.72	292.37	292.92
	CT1-18	CT1-17	285.21	46.86	291.88	291.86	0.00030	292.10	292.09	0.0002	0.57	0.70	292.79	292.16	292.99
	Bassin	CT1-18	238.35	238.35	291.96	291.88	0.00034	292.15	292.10	0.0002	0.58	0.71	292.81	292.18	293.01
CS2	CT2-2	CT2-1	1988.93	290.21	291.62	291.89	- 0.00090	292.11	292.06	0.0002	0.16	0.30	292.36	292.36	292.56
	CT2-3	CT2-2	1698.72	200.00	291.69	291.62	0.00031	292.15	292.11	0.0002	0.28	0.43	292.54	292.54	292.74
	CT2-4	CT2-3	1498.72	265.47	292.14	291.69	0.00170	292.21	292.15	0.0002	0.36	0.66	292.81	292.81	293.01
	CT2-5 et CT2-6	CT2-4	1233.25	339.33	292.22	292.14	0.00026	292.27	292.21	0.0002	0.42	0.67	292.88	292.78	293.08
	CT2-7	CT2-5 et CT2-6	893.92	129.74	292.15	292.22	- 0.00061	292.30	292.27	0.0002	0.46	0.68	292.95	292.55	293.15
	CT2-8 et CT2-9	CT2-7	764.18	185.63	292.14	292.15	- 0.00002	292.34	292.30	0.0002	0.48	0.69	292.99	292.45	293.19
	CT2-10 et CT2-11	CT2-8 et CT2-9	578.55	193.43	291.95	292.14	- 0.00099	292.38	292.34	0.0002	0.53	0.70	293.04	292.66	293.24

	CT2-12 et CT2-13	CT2-10 et CT2-11	385.12	193.43	292.06	291.95	0.00058	292.41	292.38	0.0002	0.53	0.71	293.09	292.58	293.29
	CT2-14	CT2-12 et CT2-13	191.69	167.39	292.36	292.06	0.00179	292.45	292.41	0.0002	0.56	0.72	293.13	292.80	293.33
	Bassin	CT2-14	24.30	24.30	292.39	292.36	0.00111	292.45	292.45	0.0002	0.58	0.73	293.18	292.89	293.38

Réseaux de drainages

Tableau 7 : Dimensionnement des drains tertiaires

Canaux tertiaires	Longueur	Debit d'equipement		m	I	Ks	b(m)	Q/I ^{1/2}	Ks*Rh	Yn	S	V	Dimen. retenue	
	m	l/s	m ³ /s	-	m/m		M					m/s	b	H
DT1-1	425.5	10	0.01	1.5	0.00005	25	0.3	1.41	1.41	0.28	0.20	0.05	0.3	0.30
DT1-2	364.4	10	0.01	1.5	0.00005	25	0.3	1.41	1.41	0.28	0.20	0.05	0.3	0.30
DT1-3	364.5	20	0.02	1.5	0.00005	25	0.3	2.83	2.83	0.38	0.33	0.06	0.3	0.40
DT2-1	557.4	20	0.02	1.5	0.00005	25	0.3	2.83	2.83	0.38	0.33	0.06	0.3	0.40
DT2-2	557.3	20	0.02	1.5	0.00005	25	0.3	2.83	2.83	0.38	0.33	0.06	0.3	0.40
DT2-3	557.1	30	0.03	1.5	0.00005	25	0.3	4.24	4.24	0.46	0.45	0.07	0.3	0.50
DT2-4	556.9	30	0.03	1.5	0.00005	25	0.3	4.24	4.24	0.46	0.45	0.07	0.3	0.50
DT3-1	386.2	10	0.01	1.5	0.00005	25	0.3	1.41	1.41	0.28	0.20	0.05	0.3	0.30
DT3-2	419.2	10	0.01	1.5	0.00005	25	0.3	1.41	1.41	0.28	0.20	0.05	0.3	0.30
DT3-3	379.7	20	0.02	1.5	0.00005	25	0.3	2.83	2.83	0.38	0.33	0.06	0.3	0.40
DT3-4	505.7	20	0.02	1.5	0.00005	25	0.3	2.83	2.83	0.38	0.33	0.06	0.3	0.40

DT3-5	373.4	10	0.01	1.5	0.00005	25	0.3	1.41	1.41	0.28	0.20	0.05	0.3	0.30
DT4-1	199.4	10	0.01	1.5	0.00005	25	0.3	1.41	1.41	0.28	0.20	0.05	0.3	0.30
DT4-2	349.4	20	0.02	1.5	0.00005	25	0.3	2.83	2.83	0.38	0.33	0.06	0.3	0.40
DT4-3	430.7	20	0.02	1.5	0.00005	25	0.3	2.83	2.83	0.38	0.33	0.06	0.3	0.40
DT4-4	587.9	20	0.02	1.5	0.00005	25	0.3	2.83	2.83	0.38	0.33	0.06	0.3	0.40
DT4-5	636.5	20	0.02	1.5	0.00005	25	0.3	2.83	2.83	0.38	0.33	0.06	0.3	0.40
DT4-6	566.4	30	0.03	1.5	0.00005	25	0.3	4.24	4.24	0.46	0.45	0.07	0.3	0.50
DT4-7	373.0	20	0.02	1.5	0.00005	25	0.3	2.83	2.83	0.38	0.33	0.06	0.3	0.40
DT4-8	661.0	40	0.04	1.5	0.00005	25	0.3	5.66	5.66	0.52	0.56	0.07	0.3	0.60
DT4-9	373.2	10	0.01	1.5	0.00005	25	0.3	1.41	1.41	0.28	0.20	0.05	0.3	0.30
DT4-10	373.3	10	0.01	1.5	0.00005	25	0.3	1.41	1.41	0.28	0.20	0.05	0.3	0.30
DT5-1	485.8	10	0.01	1.5	0.00005	25	0.3	1.41	1.41	0.28	0.20	0.05	0.3	0.30
DT5-2	328.0	10	0.01	1.5	0.00005	25	0.3	1.41	1.41	0.28	0.20	0.05	0.3	0.30
DT1	410.7	10	0.01	1.5	0.00005	25	0.3	1.41	1.41	0.28	0.20	0.05	0.3	0.30
DT2	309.6	10	0.01	1.5	0.00005	25	0.3	1.41	1.41	0.28	0.20	0.05	0.3	0.30
DT3	590.8	20	0.02	1.5	0.00005	25	0.3	2.83	2.83	0.38	0.33	0.06	0.3	0.40
DT4	420.8	20	0.02	1.5	0.00005	25	0.3	2.83	2.83	0.38	0.33	0.06	0.3	0.40
DT5	128.6	10	0.01	1.5	0.00005	25	0.3	1.41	1.41	0.28	0.20	0.05	0.3	0.30
DT6	308.0	10	0.01	1.5	0.00005	25	0.3	1.41	1.41	0.28	0.20	0.05	0.3	0.30
DT7	418.9	10	0.01	1.5	0.00005	25	0.3	1.41	1.41	0.28	0.20	0.05	0.3	0.30
DT8	345.4	10	0.01	1.5	0.00005	25	0.3	1.41	1.41	0.28	0.20	0.05	0.3	0.30
DT9	311.2	10	0.01	1.5	0.00005	25	0.3	1.41	1.41	0.28	0.20	0.05	0.3	0.30

Tableau 8 : Dimensionnement des drains secondaires

Canaux	Tronçon		Longueur (m)	Débit d'équipement		m	I	Ks	b(m)	Q/I ^{1/2}	Ks*Rh	Yn	S	V	Dimen. retenue	
	Amont	Aval		l/s	m3/s										b	Yn
DS1	DT1-1 et DT1-2	DT1-3	200.00	20	0.02	1.5	0.00005	25	0.5	2.83	2.83	0.33	0.34	0.06	0.5	0.60
	DT1-3	DP	226.66	40	0.04	1.5	0.00005	25	0.5	5.66	5.66	0.47	0.56	0.07	0.5	0.70
DS2	DT2-1	DT2-2	200.00	20	0.02	1.5	0.00005	25	0.5	2.83	2.83	0.33	0.34	0.06	0.5	0.60
	DT2-2	DT2-3	200.00	40	0.04	1.5	0.00005	25	0.5	5.66	5.66	0.47	0.56	0.07	0.5	0.70
	DT2-3	DT2-4	242.95	70	0.07	1.5	0.00005	25	0.5	9.90	9.90	0.60	0.85	0.08	0.5	0.90
	DT2-4	DP	1230.00	100	0.1	1.5	0.00005	25	0.5	14.14	14.14	0.71	1.11	0.09	0.5	1.00
DS3	DT3-1	DT3-2	105.82	10	0.01	1.5	0.00005	25	0.5	1.41	1.41	0.24	0.20	0.05	0.5	0.50
	DT3-2	DT3-3	81.92	20	0.02	1.5	0.00005	25	0.5	2.83	2.83	0.33	0.34	0.06	0.5	0.60
	DT3-3	DT3-4	126.54	40	0.04	1.5	0.00005	25	0.5	5.66	5.66	0.47	0.56	0.07	0.5	0.70
	DT3-4	DT3-5	89.87	60	0.06	1.5	0.00005	25	0.5	8.49	8.49	0.56	0.76	0.08	0.5	0.80
	DT3-5	DP	45.14	70	0.07	1.5	0.00005	25	0.5	9.90	9.90	0.60	0.85	0.08	0.5	0.90
DS4	DT4-1	DT4-2	154.77	10	0.01	1.5	0.00005	25	0.5	1.41	1.41	0.24	0.20	0.05	0.5	0.50
	DT4-2	DT4-4	234.74	30	0.03	1.5	0.00005	25	0.5	4.24	4.24	0.41	0.45	0.07	0.5	0.70
	DT4-4	CT4-3	31.50	50	0.05	1.5	0.00005	25	0.5	7.07	7.07	0.52	0.66	0.08	0.5	0.80
	CT4-3	CT4-5	115.35	70	0.07	1.5	0.00005	25	0.8	9.90	12.73	0.60	1.03	0.07	0.8	0.90
	CT4-5	CT4-6	200.00	90	0.09	1.5	0.00005	25	0.8	12.73	12.73	0.60	1.03	0.09	0.8	0.90
	CT4-6	CT4-7	114.01	120	0.12	1.5	0.00005	25	0.8	16.97	16.97	0.69	1.28	0.09	0.8	0.90
	CT4-7	CT4-8	199.07	140	0.14	1.5	0.00005	25	1	19.80	19.80	0.70	1.44	0.10	1	1.00
	CT4-8	CT4-9	15.07	180	0.18	1.5	0.00005	25	1	25.46	25.46	0.79	1.73	0.10	1	1.00

DS5	CT4-9	CT4-10	200.00	190	0.19	1.5	0.00005	25	1	26.87	26.87	0.81	1.81	0.11	1	1.10
	CT4-10	DP	119.03	200	0.2	1.5	0.00005	25	1	28.28	28.28	0.83	1.88	0.11	1	1.10
	DT5-1	DT5-2	156.56	10	0.01	1.5	0.00005	25	0.5	1.41	1.41	0.24	0.20	0.05	0.5	0.50
	DT5-2	DP	189.76	20	0.02	1.5	0.00005	25	0.5	2.83	2.83	0.33	0.34	0.06	0.5	0.60

Tableau 9 : Dimensionnement du drain collecteur

Tronçon		Longueur(m)	Débit d'équipement		m	I (m/m)	Ks	b(m)	Q/I ^{1/2}	Ks*Rh	Yn	S (m2)	V (m/s)	Dimen. retenue	
Amont	Aval		l/s	m3/s										b(m)	Yn(m)
DS2	DS1 et DT1	10.12	100.00	0.1000	1.5	0.00005	25	1.5	14.14	14.14	0.51	1.15	0.09	1.5	0.80
DS1 et DT1	DT2	75.30	150.00	0.1500	1.5	0.00005	25	1.5	21.21	21.21	0.63	1.54	0.10	1.5	0.90
DT2	DS3 et DS4	200.00	160.00	0.1600	1.5	0.00005	25	1.5	22.63	22.63	0.65	1.62	0.10	1.5	0.90
DS3 et DS4	DT3	242.95	430.00	0.4300	1.5	0.00005	25	1.5	60.81	60.81	1.07	3.34	0.13	1.5	1.30
DT3	DT4	393.43	450.00	0.4500	1.5	0.00005	25	1.5	63.64	63.64	1.10	3.45	0.13	1.5	1.30
DT4	DT5	105.82	470.00	0.4700	1.5	0.00005	25	1.5	66.47	66.47	1.12	3.57	0.13	1.5	1.40
DT5	DT6	81.92	480.00	0.4800	1.5	0.00005	25	1.5	67.88	67.88	1.13	3.62	0.13	1.5	1.40
DT6	DS5	126.54	490.00	0.4900	1.5	0.00005	25	1.5	69.30	69.30	1.14	3.68	0.13	1.5	1.40
DS5	DT7	89.87	510.00	0.5100	1.5	0.00005	25	1.5	72.12	72.12	1.17	3.79	0.13	1.5	1.40
DT7	DT8	45.14	520.00	0.5200	1.5	0.00005	25	1.5	73.54	73.54	1.18	3.84	0.14	1.5	1.40
DT8	DT9	154.77	530.00	0.5300	1.5	0.00005	25	1.5	74.95	74.95	1.19	3.90	0.14	1.5	1.40
DT9	E	234.74	540.00	0.5400	1.5	0.00005	25	1.5	76.37	76.37	1.20	3.95	0.14	1.5	1.40

Tableau 10 : Calage des drains tertiaires

Canaux			Cote TN			Cote Cavalier			Yn(m)	Retenue		PE		Cote fond	
CS	CT	L (m)	Aval	Amont	Pente (m/m)	Aval	Amont	Pente (m/m)		b	H	Aval	Amont	Aval	Amont
DS1	DT1-1	425.52	291.67	291.93	-0.0006	291.67	291.69	0.00005	0.28	0.30	0.30	291.57	291.59	291.29	291.31
	DT1-2	364.37	291.67	291.73	-0.0002	291.62	291.64	0.00005	0.28	0.30	0.30	291.52	291.54	291.24	291.26
	DT1-3	364.51	291.80	291.54	0.0007	291.73	291.75	0.00005	0.38	0.30	0.40	291.63	291.65	291.25	291.27
DS2	DT2-1	557.41	291.45	291.49	-0.0001	291.41	291.44	0.00005	0.38	0.30	0.40	291.31	291.34	290.93	290.96
	DT2-2	557.26	291.41	291.51	-0.0002	291.34	291.37	0.00005	0.38	0.30	0.40	291.24	291.27	290.86	290.89
	DT2-3	557.12	291.18	291.62	-0.0008	291.32	291.35	0.00005	0.46	0.30	0.50	291.22	291.25	290.76	290.79
	DT2-4	556.94	291.26	291.42	-0.0003	291.33	291.36	0.00005	0.46	0.30	0.50	291.23	291.26	290.78	290.80
DS3	DT3-1	386.23	292.08	291.84	0.0006	291.80	291.82	0.00005	0.28	0.30	0.30	291.70	291.72	291.42	291.44
	DT3-2	419.19	291.81	292.09	-0.0007	291.87	291.89	0.00005	0.28	0.30	0.30	291.77	291.79	291.49	291.51
	DT3-3	379.75	291.72	291.75	-0.0001	291.77	291.79	0.00005	0.38	0.30	0.40	291.67	291.69	291.29	291.31
	DT3-4	505.72	291.64	292.12	-0.0009	291.74	291.77	0.00005	0.38	0.30	0.40	291.64	291.67	291.26	291.28
	DT3-5	373.35	291.64	291.58	0.0002	291.73	291.75	0.00005	0.28	0.30	0.30	291.63	291.65	291.35	291.37
DS4	DT4-1	199.39	291.38	291.50	-0.0006	291.35	291.36	0.00005	0.28	0.30	0.30	291.25	291.26	290.97	290.98
	DT4-2	349.43	291.57	291.52	0.0001	291.33	291.35	0.00005	0.38	0.30	0.40	291.23	291.25	290.85	290.87
	DT4-3	430.67	291.64	291.75	-0.0003	291.57	291.59	0.00005	0.38	0.30	0.40	291.47	291.49	291.09	291.11
	DT4-4	587.94	291.76	291.81	-0.0001	291.64	291.67	0.00005	0.38	0.30	0.40	291.54	291.57	291.16	291.19
	DT4-5	636.50	291.65	291.91	-0.0004	291.64	291.67	0.00005	0.38	0.30	0.40	291.54	291.57	291.16	291.19
	DT4-6	566.38	292.03	292.06	-0.0001	291.95	291.98	0.00005	0.46	0.30	0.50	291.85	291.88	291.39	291.42
	DT4-7	373.05	291.98	291.82	0.0004	291.91	291.93	0.00005	0.38	0.30	0.40	291.81	291.83	291.43	291.45

	DT4-8	661.04	291.82	291.90	-0.0001	291.80	291.83	0.00005	0.52	0.30	0.60	291.70	291.73	291.18	291.21
	DT4-9	373.21	291.87	291.74	0.0003	291.67	291.69	0.00005	0.28	0.30	0.30	291.57	291.59	291.29	291.31
	DT4-10	373.35	291.81	291.56	0.0007	291.62	291.64	0.00005	0.28	0.30	0.30	291.52	291.54	291.24	291.26
DS5	DT5-1	485.83	292.19	292.00	0.0004	291.95	291.97	0.00005	0.28	0.30	0.30	291.85	291.87	291.57	291.60
	DT5-2	328.00	292.03	292.10	-0.0002	292.01	292.03	0.00005	0.28	0.30	0.30	291.91	291.93	291.63	291.65
DT	DT1	410.68	291.37	291.77	0.0010	291.44	291.46	0.00005	0.28	0.30	0.30	291.34	291.36	291.06	291.08
	DT2	309.60	291.28	291.46	-0.0006	291.30	291.32	0.00005	0.28	0.30	0.30	291.20	291.22	290.92	290.94
	DT3	590.81	291.58	292.02	-0.0007	291.62	291.65	0.00005	0.38	0.30	0.40	291.52	291.55	291.14	291.17
	DT4	420.76	291.77	291.87	-0.0002	291.82	291.84	0.00005	0.38	0.30	0.40	291.72	291.74	291.34	291.36
	DT5	128.65	291.88	292.05	-0.0013	292.02	292.03	0.00005	0.28	0.30	0.30	291.92	291.93	291.64	291.65
	DT6	308.01	291.95	291.95	0.0000	292.02	292.04	0.00005	0.28	0.30	0.30	291.92	291.94	291.64	291.66
	DT7	418.91	292.09	292.10	0.0000	292.08	292.10	0.00005	0.28	0.30	0.30	291.98	292.00	291.70	291.72
	DT8	345.41	292.29	292.09	0.0006	292.10	292.12	0.00005	0.28	0.30	0.30	292.00	292.02	291.72	291.74
	DT9	311.18	292.08	292.33	-0.0008	292.13	292.15	0.00005	0.28	0.30	0.30	292.03	292.05	291.75	291.77

Tableau 10 : Calage des drains secondaires

Canaux	Troncon		L (m)	PM	Cote TN			Cote projet			Yn(m)	PE		Cote fond	
	Amont	Aval			Amont	Aval	Pente (m/m)	Amont	Aval	Pente (m/m)		Amont	Aval	Amont	Aval
DS1	DT1-1 et DT1-2	DT1-3	200.00	200.00	291.67	291.80	-0.00065	291.64	291.63	0.00005	0.33	291.44	291.43	290.84	290.83
	DT1-3	DP	226.66	426.66	291.80	291.31	0.00216	291.63	291.62	0.00005	0.47	291.43	291.42	290.73	290.72
DS2	DT2-1	DT2-2	200.00	200.00	291.45	291.41	0.00020	291.44	291.43	0.00005	0.33	291.24	291.23	290.64	290.63
	DT2-2	DT2-3	200.00	400.00	291.41	291.18	0.00115	291.43	291.42	0.00005	0.47	291.23	291.22	290.53	290.52
	DT2-3	DT2-4	242.95	642.95	291.18	291.26	-0.00033	291.42	291.41	0.00005	0.60	291.22	291.21	290.32	290.31
	DT2-4	DP	1230.00	1872.95	291.26	291.33	-0.00006	291.41	291.34	0.00005	0.71	291.21	291.14	290.21	290.14
DS3	DT3-1	DT3-2	105.82	105.82	292.08	291.81	0.00255	291.82	291.81	0.00005	0.24	291.62	291.61	291.12	291.11
	DT3-2	DT3-3	81.92	187.74	291.81	291.62	0.00232	291.81	291.81	0.00005	0.33	291.61	291.61	291.01	291.01
	DT3-3	DT3-4	126.54	314.28	291.62	291.64	-0.00016	291.81	291.80	0.00005	0.47	291.61	291.60	290.91	290.90
	DT3-4	DT3-5	89.87	404.15	291.64	291.64	0.00000	291.80	291.80	0.00005	0.56	291.60	291.60	290.80	290.80
	DT3-5	DP	45.14	449.29	291.58	291.64	-0.00133	291.80	291.80	0.00005	0.60	291.60	291.60	290.70	290.70
DS4	DT4-1	DT4-2	154.77	154.77	291.38	291.57	-0.00123	291.36	291.35	0.00005	0.24	291.16	291.15	290.66	290.65
	DT4-2	DT4-4	234.74	389.51	291.57	291.76	-0.00081	291.35	291.34	0.00005	0.41	291.15	291.14	290.45	290.44

	DT4-4	CT4-3	31.50	421.01	291.76	291.64	0.00381	291.34	291.34	0.00005	0.52	291.14	291.14	290.34	290.34
	CT4-3	CT4-5	115.35	536.36	291.64	291.65	-0.00009	291.34	291.33	0.00005	0.60	291.14	291.13	290.24	290.23
	CT4-5	CT4-6	200.00	736.36	291.65	292.03	-0.00190	291.33	291.32	0.00005	0.60	291.13	291.12	290.23	290.22
	CT4-6	CT4-7	114.01	850.37	292.03	291.98	0.00044	291.32	291.32	0.00005	0.69	291.12	291.12	290.22	290.22
	CT4-7	CT4-8	199.07	1049.44	291.98	291.82	0.00080	291.32	291.31	0.00005	0.70	291.12	291.11	290.12	290.11
	CT4-8	CT4-9	15.07	1064.51	291.82	291.87	-0.00332	291.31	291.31	0.00005	0.79	291.11	291.11	290.11	290.11
	CT4-9	CT4-10	200.00	1264.51	291.87	291.81	0.00030	291.31	291.30	0.00005	0.81	291.11	291.10	290.01	290.00
	CT4-10	DP	119.03	1383.54	291.58	291.81	-0.00193	291.30	291.29	0.00005	0.83	291.10	291.09	290.00	289.99
DS5	DT5-1	DT5-2	156.56	156.56	291.97	292.03	-0.00036	291.97	291.97	0.00005	0.24	291.77	291.77	291.27	291.27
	DT5-2	DP	189.76	346.32	292.03	291.96	0.00037	291.97	291.96	0.00005	0.33	291.77	291.76	291.17	291.16

Tableau 12 : Calage du drain collecteur

Tronçon		L (m)	PM	Cote TN			Cote cavalier			Yn(m)	Cote fond		PE	
Amont	Aval			Amont	Aval	Pente (m/m)	Amont	Aval	Pente (m/m)		Amont	Aval	Amont	Aval
DS2	DS1 et DT1	241.79	241.79	291.25	291.37	-0.00050	291.36	291.34	0.00005	0.51	290.65	289.99	291.16	291.14
DS1 et DT1	DT2	75.30	317.09	291.37	291.29	0.00106	291.34	291.34	0.00005	0.63	290.51	289.60	291.14	291.14
DT2	DS3 et DS4	805.57	1122.66	291.29	291.58	-0.00036	291.34	291.30	0.00005	0.65	290.49	289.48	291.14	291.10
DS3 et DS4	DT3	30.43	1153.09	291.58	291.58	0.00000	291.30	291.30	0.00005	1.07	290.03	287.76	291.10	291.10
DT3	DT4	112.73	1265.82	291.58	291.77	-0.00169	291.30	291.29	0.00005	1.10	290.00	287.64	291.10	291.09
DT4	DT5	346.80	1612.62	291.77	291.88	-0.00032	291.29	291.28	0.00005	1.12	289.97	287.51	291.09	291.08
DT5	DT6	522.75	2135.37	291.88	291.95	-0.00013	291.28	291.25	0.00005	1.13	289.94	287.43	291.08	291.05
DT6	DS5	39.58	2174.95	291.95	291.96	-0.00025	291.25	291.25	0.00005	1.14	289.91	287.37	291.05	291.05
DS5	DT7	196.22	2371.17	291.96	292.09	-0.00066	291.25	291.24	0.00005	1.17	289.88	287.25	291.05	291.04
DT7	DT8	204.72	2575.89	292.09	292.29	-0.00098	291.24	291.23	0.00005	1.18	289.86	287.18	291.04	291.03
DT8	DT9	174.10	2749.99	292.29	292.08	0.00121	291.23	291.22	0.00005	1.19	289.84	287.12	291.03	291.02
DT9	E	13.84	2763.83	292.08	292.37	-0.02095	291.22	291.22	0.00005	1.20	289.82	287.06	291.02	291.02

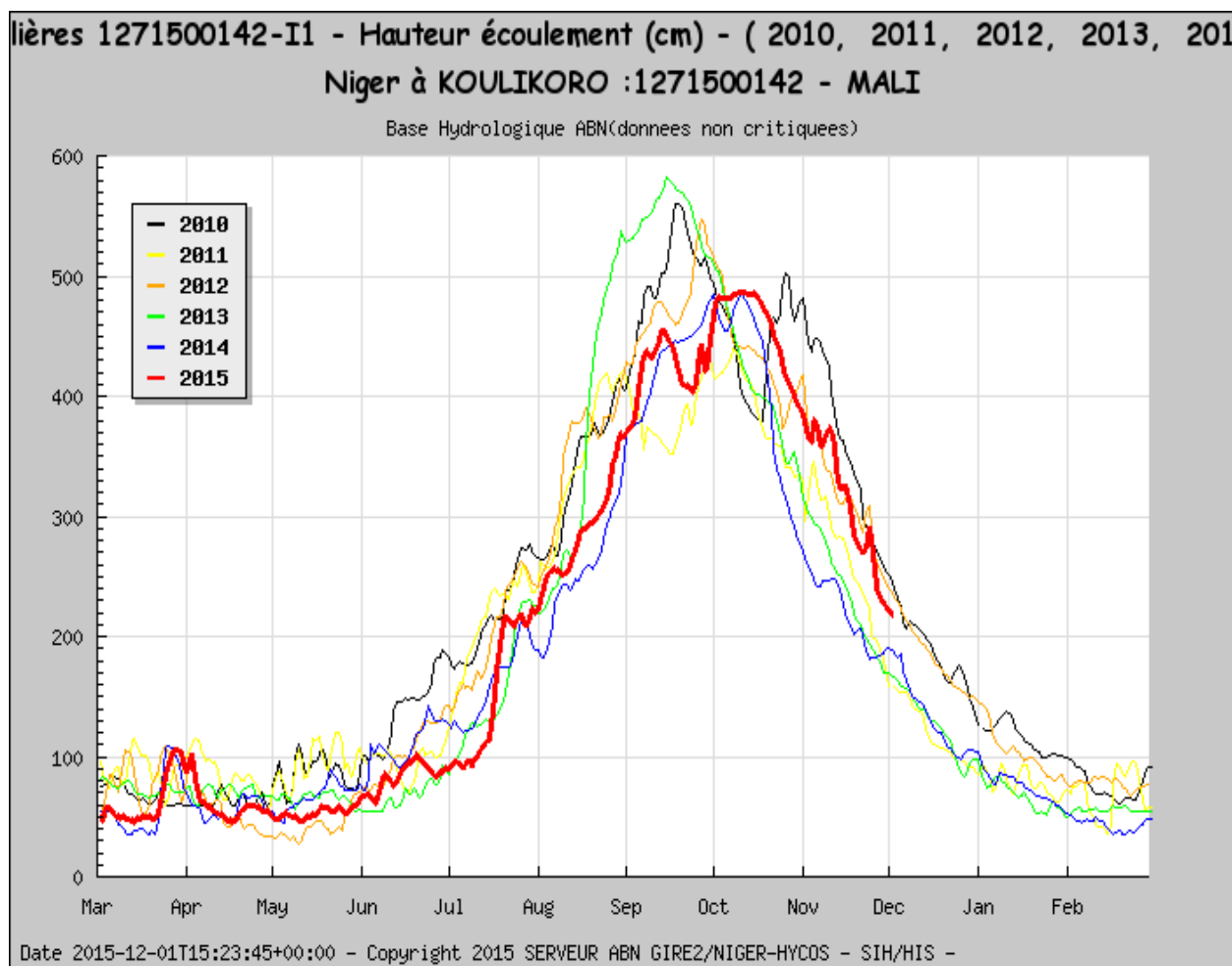
III. Calcul de la cote d'inondation

❖ Données disponibles

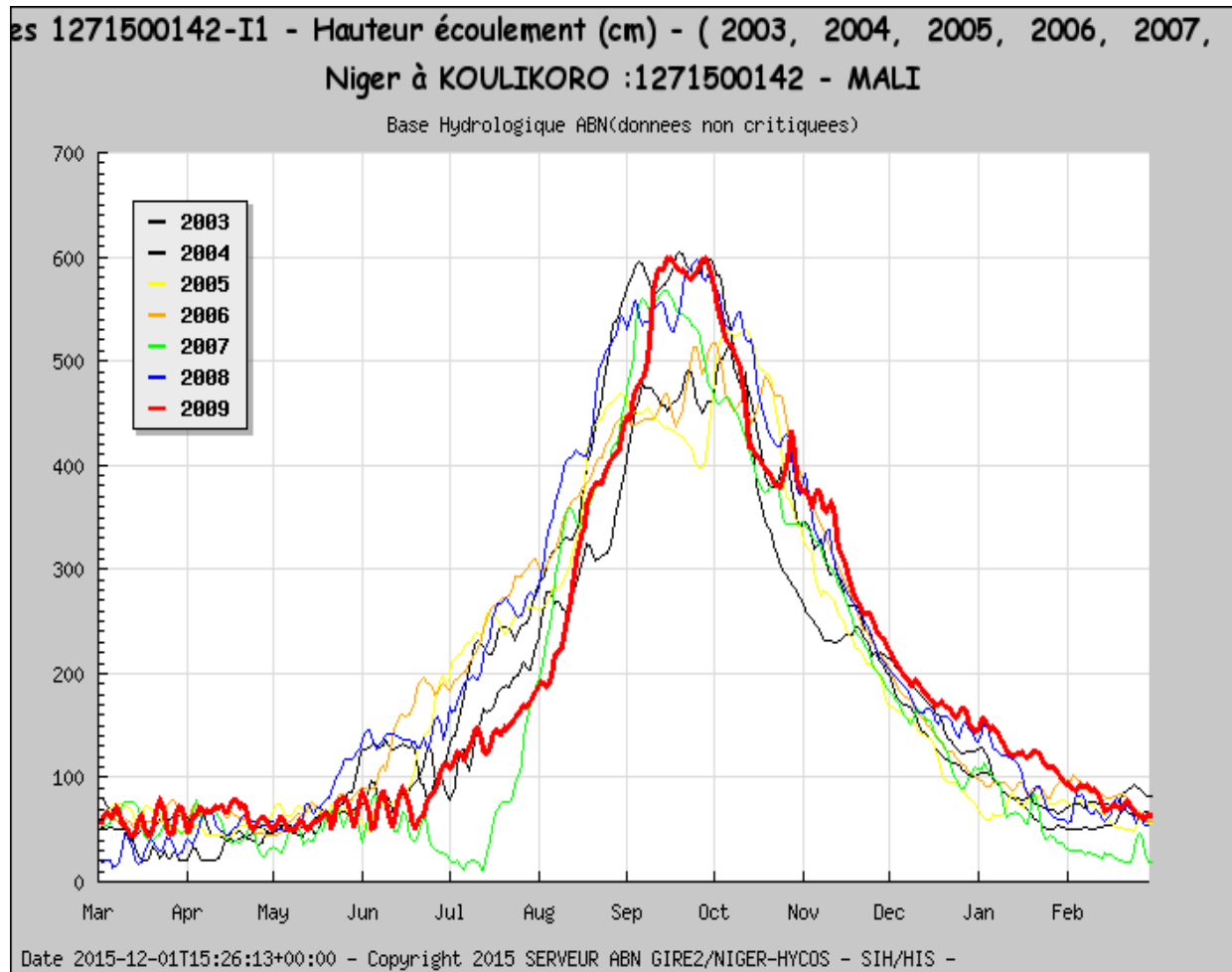
La station hydrométrique couvrant la zone du projet est celle de Koulikoro collectées sur la période allant de 2003 à 2015 auprès de l'Agence du Bassin du fleuve Niger

Le zéro de l'échelle connue est de 290.08 dans le système IGN.

Les figures ci-dessous illustrent les hydrogrammes du fleuve Niger à Koulikoro.



La montée significative des niveaux d'eau commence dans la deuxième décennie du mois juillet pour culminer en septembre et octobre où ils amorcent leur descente progressive en début novembre.



L'ajustement de ces cotes d'inondation par la loi de Gumbel, nous donne les résultats suivants :

T	q	XT	Standard	Confidence interval
10000.0	0.9999	296.117	1.08817	293.984 - 298.250
2000.0	0.9995	295.473	0.902280	293.705 - 297.242
1000.0	0.9990	295.196	0.822394	293.584 - 296.808
200.0	0.9950	294.552	0.637499	293.302 - 295.801
100.0	0.9900	294.273	0.558210	293.179 - 295.368
50.0	0.9800	293.994	0.479181	293.055 - 294.934
20.0	0.9500	293.622	0.375184	292.886 - 294.357
10.0	0.9000	293.334	0.296999	292.751 - 293.916
5.0	0.8000	293.034	0.219890	292.603 - 293.465
3.0	0.6667	292.795	0.165903	292.470 - 293.120

Estimated parameters

u : 292.434

alpha : 0.399914

Confidence level
95 %

IV. Débits de dimensionnement

Tableau 13 : Surface - Débit des canaux

Canaux			Surface(ha)		Débit	
CS	CT	Longueur(m)	Brute	Nette	Theorique	Réel
CS1	CT1-1	524.26	5.3	5.035	11.70	15
	CT1-2	242.12	2.63	2.4985	5.81	15
	CT1-3	559.84	11.78	11.191	26.01	30
	CT1-4	279.18	6.8	6.46	15.02	15
	CT1-5	559.45	11.78	11.191	26.01	30
	CT1-6	433.23	11.04	10.488	24.38	30
	CT1-7	559.53	14.37	13.6515	31.73	30
	CT1-8	424.02	12.6	11.97	27.82	30
	CT1-9	418.56	6.59	6.2605	14.55	15
	CT1-10	373.29	8.73	8.2935	19.28	15
	CT1-11	364.69	7.45	7.0775	16.45	15
	CT1-12	405.44	8.15	7.7425	18.00	15
	CT1-13	371.82	4.17	3.9615	9.21	15
	CT1-14	373.52	3.97	3.7715	8.77	15
	CT1-15	368	7.97	7.5715	17.60	15
	CT1-16	373.52	10.01	9.5095	22.10	15
	CT1-17	287.3	4.37	4.1515	9.65	15
	CT1-18	380.55	8.54	8.113	18.86	15
CS2	CT2-1	593.33	5.81	5.5195	12.83	15
	CT2-2	633.34	12.67	12.0365	27.98	30
	CT2-3	638.99	12.58	11.951	27.78	30
	CT2-4	577.41	19.15	18.1925	42.29	30
	CT2-5	663.49	19.82	18.829	43.77	30
	CT2-6	370.71	6.28	5.966	13.87	15
	CT2-7	489.5	3.01	2.8595	6.65	15
	CT2-8	388.66	8.08	7.676	17.84	15
	CT2-9	250.21	5.17	4.9115	11.42	15
	CT2-10	326.91	7.22	6.859	15.94	15
	CT2-11	556.75	9.89	9.3955	21.84	15
	CT2-12	446.37	5.91	5.6145	13.05	15
	CT2-13	508.53	8.66	8.227	19.12	15
	CT2-14	203.7	1.67	1.5865	3.69	15
Total		13946.22	272.17	258.5615	600.99	615.00

Tableau 14 : Surface - Débit des drains

Canaux			Surface (ha)		Débit	
CS	CT	Longueur(m)	Brute	Nette	Theorique	Réel
DS1	DT1-1	425.52	1.90	1.62	3.75	10.00
	DT1-2	364.37	6.41	5.45	12.66	10.00
	DT1-3	364.51	8.31	7.06	16.42	20.00
DS2	DT2-1	557.41	11.32	9.62	22.37	20.00
	DT2-2	557.26	11.80	10.03	23.31	20.00
	DT2-3	557.12	13.42	11.41	26.51	30.00
	DT2-4	556.94	13.62	11.58	26.91	30.00
DS3	DT3-1	386.23	4.88	4.15	9.64	10.00
	DT3-2	419.19	3.99	3.39	7.88	10.00
	DT3-3	379.75	8.00	6.80	15.81	20.00
	DT3-4	505.72	9.55	8.12	18.87	20.00
	DT3-5	373.35	5.47	4.65	10.81	10.00
DS4	DT4-1	199.39	5.47	4.65	10.81	10.00
	DT4-2	349.43	9.29	7.90	18.35	20.00
	DT4-3	430.67	7.97	6.77	15.75	20.00
	DT4-4	587.94	12.57	10.68	24.83	20.00
	DT4-5	636.50	11.95	10.16	23.61	20.00
	DT4-6	566.38	14.90	12.67	29.44	30.00
	DT4-7	373.05	10.44	8.87	20.63	20.00
	DT4-8	661.04	20.95	17.81	41.39	40.00
	DT4-9	373.21	8.15	6.93	16.10	10.00
	DT4-10	373.35	8.15	6.93	16.10	10.00
DS5	DT5-1	485.83	2.90	2.47	5.73	10.00
	DT5-2	328.00	6.42	5.46	12.68	10.00
DT	DT1	410.68	3.30	2.81	6.52	10.00
	DT2	309.60	3.95	3.36	7.80	10.00
	DT3	590.81	9.56	8.13	18.89	20.00
	DT4	420.76	8.19	6.96	16.18	20.00
	DT5	128.65	1.82	1.55	3.60	10.00
	DT6	308.01	4.52	3.84	8.93	10.00
	DT7	418.91	7.00	5.95	13.83	10.00
	DT8	345.41	7.00	5.95	13.83	10.00
	DT9	311.18	4.31	3.66	8.52	10.00
Total		14056.17	267.48	227.36	528.46	540.00

V. Programme d'irrigation

Les heures de début et de fin d'irrigation indiquent respectivement les heures d'ouverture et de fermeture de la vanne. Elles définissent également le temps de fonctionnement de la station de pompage.

Le réseau est conçu de telle sorte que tous les quartiers hydrauliques soient sous irrigation au même moment (une rigole d'un hectare sur chaque canal tertiaire).

Le programme prévisionnel des arrosages donné dans le tableau ci dessous :

Canaux	Canaux tertiaires	Longueur	Main d'eau	Surface	Temps/poste	Temps/	Nombre	Jour 1		Jour 2	
		(m)	(l/s)	(ha)	(h/ha)	CT (h)	pratique	Debut	Fin	Debut	Fin
CS1	CT1-1	524.26	15.00	5.035	2.00	10.0700	1.00	5h00	15h00	-	-
	CT1-2	242.12	15.00	2.499	2.00	4.9970	1.00	5h00	10h00	-	-
	CT1-3	559.84	30.00	11.191	2.00	22.3820	2.00	5h00	17h00	5h00	15h00
	CT1-4	279.18	15.00	6.460	2.00	12.9200	1.00	5h00	17h00	-	-
	CT1-5	559.45	30.00	11.191	2.00	22.3820	2.00	5h00	17h00	5h00	11h00
	CT1-6	433.23	30.00	10.488	2.00	20.9760	2.00	5h00	15h00	5h00	16h00
	CT1-7	559.53	30.00	13.652	2.00	27.3030	2.00	5h00	15h00	5h00	15h00
	CT1-8	424.02	30.00	11.970	2.00	23.9400	2.00	5h00	15h00	5h00	15h00
	CT1-9	418.56	15.00	6.261	2.00	12.5210	1.00	5h00	17h00	-	-
	CT1-10	373.29	15.00	8.294	2.00	16.5870	1.00	5h00	21h00	-	-
	CT1-11	364.69	15.00	7.078	2.00	14.1550	1.00	5h00	20h00	-	-
	CT1-12	405.44	15.00	7.743	2.00	15.4850	1.00	5h00	19h00	-	-
	CT1-13	371.82	15.00	3.962	2.00	7.9230	1.00	5h00	15h00	-	-
	CT1-14	373.52	15.00	3.772	2.00	7.5430	1.00	5h00	15h00	-	-
	CT1-15	368.00	15.00	7.572	2.00	15.1430	1.00	5h00	15h00	-	-
	CT1-16	373.52	15.00	9.510	2.00	19.0190	1.00	5h00	15h00	-	-
	CT1-17	287.30	15.00	4.152	2.00	8.3030	1.00	5h00	15h00	-	-
	CT1-18	380.55	15.00	8.113	2.00	16.2260	1.00	5h00	15h00	-	-
CS2	CT2-1	593.33	15.00	5.520	2.00	11.0390	1.00	5h00	16h00	-	-

CT2-2	633.34	30.00	12.037	2.00	24.0730	2.00	5h00	17h00	5h00	12h00
CT2-3	638.99	30.00	11.951	2.00	23.9020	2.00	5h00	17h00	5h00	13h00
CT2-4	577.41	30.00	18.193	2.00	36.3850	2.00	5h00	17h00	5h00	18h30
CT2-5	663.49	30.00	18.829	2.00	37.6580	2.00	5h00	19h00	5h00	19h30
CT2-6	370.71	15.00	5.966	2.00	11.9320	1.00	5h00	17h00	-	-
CT2-7	489.50	15.00	2.860	2.00	5.7190	1.00	5h00	10h00	-	-
CT2-8	388.66	15.00	7.676	2.00	15.3520	1.00	5h00	19h00	-	-
CT2-9	250.21	15.00	4.912	2.00	9.8230	1.00	5h00	14h00	-	-
CT2-10	326.91	15.00	6.859	2.00	13.7180	1.00	5h00	17h00	-	-
CT2-11	556.75	15.00	9.396	2.00	18.7910	1.00	5h00	21h00	-	-
CT2-12	446.37	15.00	5.615	2.00	11.2290	1.00	5h00	16h00	-	-
CT2-13	508.53	15.00	8.227	2.00	16.4540	1.00	5h00	20h00	-	-
CT2-14	203.70	15.00	1.587	2.00	3.1730	1.00	5h00	09h00	-	-

ANNEXE 2 : ETUDES STATISTIQUE DES DONNEES CLIMATIQUES

Tableau : Données pluviométriques mensuelles à la station de Koudougou de 1956 à 2012

Année	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Total
1926	0	0	13.2	2.9	65	135.6	214.5	343.5	164.6	59.9	13.5	0	1012.7
1927	0	0	0	9.3	152.8	151.1	156.9	319.7	137.2	121.8	0	0	1048.8
1928	0	0	3.5	31.5	192	133.1	139.2	564.9	130.3	80.8	0	0	1275.3
1929	0	0	0	23.2	47.2	134.5	211.7	488.5	139.6	32.8	0	0	1077.5
1930	1.2	0	0	17.8	75	106.7	182.3	223.6	171.6	54.2	0	0	832.4
1931	0	0.8	0	22	131.5	83.5	353.1	275	287.8	129.2	83	0	1365.9
1932	0	0	0	4	116	145.2	313.8	411.5	301.1	17.1	8	0	1316.7
1933	0	0	4.6	5.4	128.2	206.6	191.7	323.7	212.1	11.8	20.7	0.1	1104.9
1934	0	0	2.8	3	12.8	144.5	200.5	379.4	153.4	49.3	5.3	0	951
1935	10.7	0	0	89.3	41.2	171.3	380.2	420	211.8	5.5	0.2	0	1330.2
1936	0	0	0	6.9	145.9	188.4	294.7	347.3	191.7	35.8	77	0	1287.7
1937	0	0	0.1	0.3	6.1	54.7	267	270.1	111.7	28	2.5	0	740.5
1938	0	0	2.7	17.5	46.5	91.3	309.3	373.3	240.3	61.1	0	0	1142
1939	0	0	5	7.9	85.6	120.9	262.8	334.7	149.4	44.9	24.8	0	1036
1940	0	0	0	1.9	13.1	149.2	215.2	338.7	188.2	60	0	1.6	967.9
1941	0	0	2.8	9.2	98	119.9	264.9	148.1	176.2	38.4	0.8	0	858.3
1942	0	0	3	27.4	42.2	235.4	209.3	432.5	159.8	117.3	6.3	0	1233.2
1943	0.2	0	0	21.9	78.9	187.8	129.8	304.4	403.1	201.5	0	0	1327.6
1944	0	0	0	63.6	39.7	161.4	141.8	119.9	206.2	73	1.3	0	806.9
1945	0	0	0	7.7	77	79	203.8	491.5	160.5	30.9	2.3	0	1052.7
1946	0	0	0	34.8	50.8	138.1	326	382.7	240.6	56.1	25	0	1254.1
1947	0	0	0	3.4	18.5	163.4	192.3	319.3	255.5	74.8	2.7	0	1029.9
1948	0	1.7	3.9	35.2	77.5	203.3	298.2	335.6	201.1	21.1	0	0	1177.6
1949	2.9	0	22.9	5.6	38.1	118.5	232.3	333.7	64.4	30.8	0	0	849.2
1950	0	0	21	5.7	34	137.4	297.5	361	333.5	66.6	0	0	1256.7
1951	8.8	0	0	4.5	53.4	118.5	172.6	192.2	280.9	121.9	15.2	0	968
1952	0.7	0	0	10	120	164.6	338.8	200.7	324.1	133.3	0	1.5	1293.7
1953	0	0	22.9	2.6	31	228.5	141	423.7	357.7	50.5	0	2.9	1260.8
1954	0	0	0.6	4.8	90	162.4	304.5	479	259.7	25.1	11.7	0	1337.8
1955	0	0	2.2	0.7	2.8	146.2	237.6	340.6	253.8	57.5	0	0	1041.4
1956	0	3	0.5	2.7	65	153.2	229.3	323.7	144.7	69.8	15.2	0	1007.1
1957	0	0	0	37.8	44	125.9	224.4	415.3	244.2	85.8	6.5	0	1183.9
1958	0	0	0	10.9	81.7	179.3	392.9	405.2	129.2	18.6	44.7	0	1262.5
1959	0	0	0	0	74.3	147	163	327.4	183.4	12.3	0	0	907.4
1960	0	0	0	13.7	63.2	131.3	236.5	195.1	185.9	3.7	11	0	840.4
1961	0.3	0	0	9.8	69.5	79	273.7	351.5	289.9	21.8	0	0	1095.5
1962	0	0	0	92.3	38.3	124.4	268.3	243	223	108.2	17.9	0	1115.4
1963	0	1.7	0	12.9	32	68.8	138.8	249.2	241.8	186.5	0	0	931.7
1964	0	0	0	12.2	115.1	230	216.5	424.1	223.6	0.7	0	24.6	1246.8
1965	0	0	0	0.9	28.4	185.1	218.4	210.6	264.4	51.6	0	0	959.4

**Etude d'avant-projet détaillé de l'aménagement d'un périmètre irrigué villageoise de 275 ha à Kamani
dans la commune de Dinandougou (Mali)**

1966	0	0	21.7	0	15.1	173.6	230.9	240.2	502	121.4	3	0	1307.9
1967	0	1.4	3.6	14	115.2	286.4	339.4	364.5	236.8	103.8	34.4	0	1499.5
1968	0	0.4	0	89.9	63.3	124.7	256.4	212.8	122.6	85.8	0.2	0	956.1
1969	0	0	4.8	2.6	53.8	104.1	236.3	275.5	159.7	128.9	0	0	965.7
1970	0	0	17.6	3.7	92.9	101.2	261.8	191.8	134.4	45.5	0	0	848.9
1971	0	4.2	8.3	16.1	13	81.4	296.7	461.5	147.1	6.5	2.9	0	1037.7
1972	0	0	9.3	41.6	34.1	87.1	143	235.7	132.7	44.1	0	0	727.6
1973	0	0	0	0.2	67.4	45.1	167.6	424.8	114.7	48.6	0	0	868.4
1974	0	0	0	1.2	44.5	125.4	281.8	484.4	294.1	29.5	0	0	1260.9
1975	0	0	4.8	20	27.8	123	200.5	326.1	208.5	60.8	3.5	0	975
1976	0	0	0	22.2	72.9	85.8	253.8	183.8	189	281.1	0.2	0	1088.8
1977	22.9	0	0	44.2	51.5	79.8	332.1	234.4	231.2	4.1	0	0	1000.2
1978	0	0	2.8	88.4	62.2	138.9	269.2	191.3	227	65.5	0	0	1045.3
1979	0	0	0	0	55.1	213.4	199.4	251.1	185.6	46.6	46.8	0	998
1980	1.6	0	0	19.3	74.4	97	149	307	213.3	60.3	0.5	0	922.4
1981	0	0	0	0.8	93.5	47.3	145.6	231	155.6	109.4	0	0	783.2
1982	0	0	0	46.4	92.7	105.4	213.4	271.6	202.2	62.4	0	0	994.1
1983	0	0	0	11.7	46.5	114.3	107.9	265.1	176	1.1	0	0	722.6
1984	0	0	0	36.6	117.4	50.8	165.8	193.2	152.1	119.1	9	0	844
1985	0	0	0	0	20	158.8	257.7	262.2	156.7	6.3	0	0	861.7
1986	0	0	0	17.2	37.6	129.9	178.4	203.8	198.8	9	0	0	774.7
1987	0	0	0	0	22.8	133.7	220.6	307.6	165.7	96.5	0	0.2	947.1
1988	0	0	0	8.3	28.6	152.6	314.1	419.8	287	39.8	3.5	0	1253.7
1989	0	1	0	0.9	7.8	133.4	172.1	377.2	62.5	114	0	0	868.9
1990	0	0	0	20.1	113.6	191.6	350	217.1	186.3	22.8	0	0	1101.5
1991	0	0	2.8	33	7.3	131.1	353.4	166.1	92.2	118.8	0	0	904.7
1992	25.4	0	0	1.6	77.3	176.2	206.8	175.7	248.2	18.3	0	0	929.5
1993	0	0	0	19.2	23.7	242.8	185.7	228.4	98.7	19.1	7.1	0	824.7
1994	0	0	0	3	57	106.8	274	417	344.3	55.8	0	0	1257.9
1995	0.0	0.0	6.1	17.0	113.2	93.2	93.2	232.4	146.2	122.9	0.0	0.0	824.2
1996	0.0	22.0	0.0	11.2	63.3	134.0	145.9	260.6	124.3	7.1	0.0	0.0	768.4
1997	0.0	0.0	0.0	16.3	51.0	141.6	289.4	300.6	158.1	68.5	0.0	0.0	1025.5
1998	0.0	1.7	0.0	7.0	22.0	128.0	111.5	324.4	326.3	54.1	0.0	0.0	975
1999	0.0	0.0	6.0	44.2	21.9	164.6	188.2	304.2	244.6	170.1	0.0	0.0	1143.8
2000	0.0	0.0	4.0	35.1	64.7	73.7	232.0	256.9	64.6	61.5	0.0	0.0	792.5
2001	0.0	0.0	0.0	9.7	11.5	179.2	177.2	219.4	110.5	26.4	0.0	0.0	733.9
2002	0.0	0.0	0.0	19.5	49.4	105.4	92.9	275.4	74.7	111.3	0.0	0.0	728.6
2003	0.0	0.0	1.0	2.4	50.2	123.0	307.7	235.9	303.3	61.1	0.0	0.0	1084.6
2004	0.0	0.0	0.0	1.0	51.2	110.6	319.1	350.5	85.3	30.2	0	0	947.9

❖ **Analyse fréquentielle de la pluviométrie**

L'analyse fréquentielle est une méthode statistique de prédiction consistant à étudier les événements passés, caractéristiques d'un processus donné (hydrologique ou autre), afin d'en définir les probabilités d'apparition future.

La figure ci-dessous illustre les variations de la pluviométrie annuelle de la station de Koulikoro qui ont été fournies par la station météo de Koulikoro. Ces données se composent d'observation des événements pluviométrique annuelles et des maximaux journaliers annuels de 1926 à 2018.

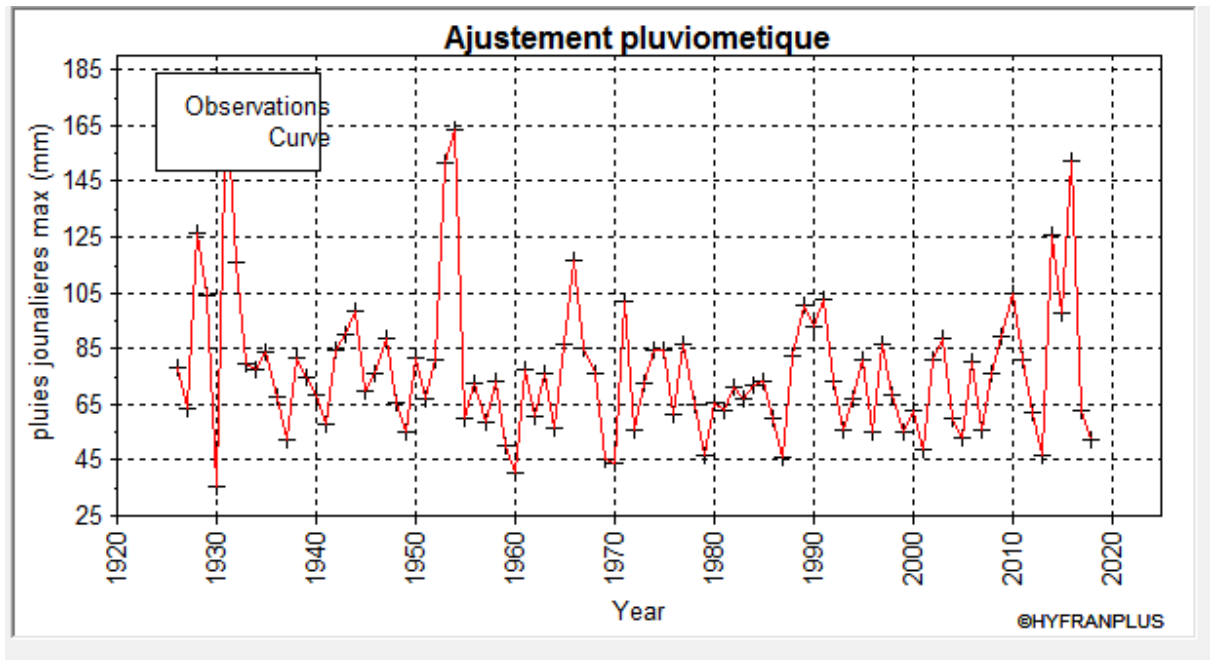


Figure : Pluie maximal journaliers de la région de Koulikoro

La figure ci-dessous montre que la région de Koulikoro est caractérisée par une pluviométrie moyenne journalière aux alentours de 85 mm

L'ajustement statistique de la loi Gumbel aux distributions expérimentales des pluies journaliers maximales observées on donnée les résultats suivant :

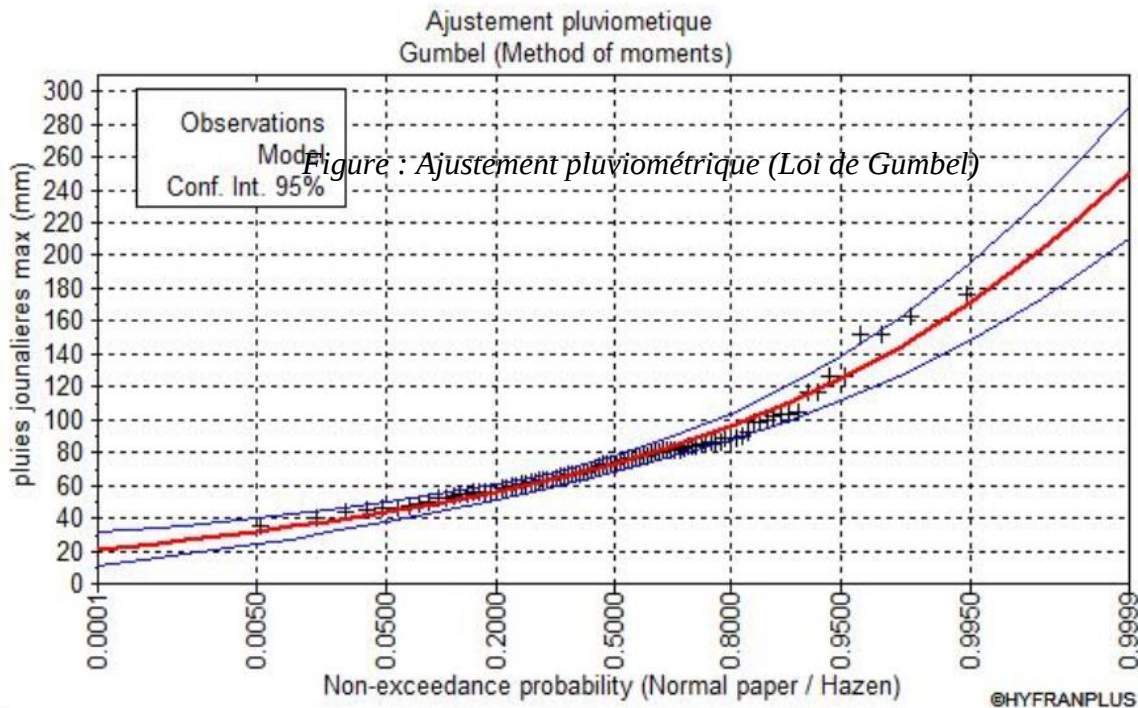
<i>T</i>	<i>F(x)</i>	<i>up</i>	<i>x_p</i>		<i>k</i>	<i>inf</i>	<i>sup</i>
10 ans	0.1	-0.83	48.77	sèche	-1.10	43.05	54.50
	0.9	2.25	110.66	humide	1.31	96.71	110.84
20 ans	0.05	-1.10	43.49	sèche	-1.31	36.91	43.49
	0.95	2.97	125.11	humide	1.87	107.55	125.11
50 ans	0.02	-1.36	38.14	sèche	-1.51	30.52	38.14
	0.98	3.90	143.80	humide	2.59	121.49	143.80
100 ans	0.01	-1.53	34.87	sèche	-1.64	26.56	34.87
	0.99	4.60	157.81	humide	3.14	131.90	157.81
1000 ans	0.001	-1.93	26.73	sèche	-1.96	16.61	26.73
	0.999	6.91	204.10	humide	4.94	166.19	204.10

L'ajustement statistique de la loi Gauss aux distributions expérimentales des pluies maximales annuelles observées on donnée les résultats suivant :

T	F(x)	up	Xp		inf	sup
10 ans	0.1	-1.28	774.16	seche	704.58	843.74
	0.9	1.28	1255.33	humide	1185.76	1324.91
20 ans	0.05	-1.64	706.50	seche	627.51	785.49
	0.95	1.64	1323.00	humide	1244.01	1401.99
50 ans	0.02	-2.05	629.44	seche	538.59	720.28
	0.98	2.05	1400.06	humide	1309.22	1490.91
100 ans	0.01	-2.33	576.81	sèche	477.39	676.23
	0.99	2.33	1452.69	humide	1353.27	1552.11

Une vérification a été faite à l'aide du logiciel HYFRAN. C'est un logiciel d'ajustement de lois statistiques qui comprend un ensemble d'outils mathématiques puissants, conviviaux et flexibles permettant en particulier l'analyse statistique d'événements pluvieux. Le logiciel HYFRAN offre des graphiques de probabilité au non dépassement, des histogrammes des fréquences d'apparition d'une valeur suivant les intervalles et fournit une comparaison entre les caractéristiques de la loi et de l'échantillon.

La figure ci-dessous montre que les résultats de l'ajustement statistique de la pluviométrie maximale journalière selon les lois de Gumbel.



ANNEXE 3 : PRESENTATION DES ETUDES TECHNIQUES DE BASE

I. Etude géotechnique

Les données et échantillons recueillis sur le terrain sont acheminés au laboratoire pour les analyses, les interprétations.

❖ Contraintes déduites des essais de pénétration dynamique

Cette reconnaissance a consisté en l'exécution de six (6) sondages au pénétromètre dynamique.

Les valeurs de contraintes admissibles obtenues sont consignées dans le tableau ci-dessous

Tableau : Récapitulatif des résultats d'essais au pénétromètre dynamique de Kamani

Prof. (m)	CONTRAINTES ADMISSIBLES						Contrainte Admissibles (bar)	
	Essai 1	Essai 2	Essai 3	Essai 4	Essai 5	Essai 6	Minimum	Moyenne
0,1	0,97	0,65	0,32	0,16	0,32	0,81	0,16	0,54
0,2	0,94	0,63	0,16	0,16	0,47	0,94	0,16	0,55
0,3	0,92	0,61	0,15	0,15	0,46	0,92	0,15	0,54
0,4	0,90	0,60	0,15	0,15	0,45	0,90	0,15	0,52
0,5	0,87	0,58	0,15	0,15	0,58	0,87	0,15	0,53
0,6	0,85	0,57	0,14	0,14	0,57	0,85	0,14	0,52
0,7	0,83	0,83	0,14	0,14	0,55	0,97	0,14	0,58
0,8	0,81	0,81	0,54	0,14	0,54	0,95	0,14	0,63
0,9	0,79	0,79	0,53	0,40	0,53	0,92	0,40	0,66
1	0,77	0,77	0,52	0,39	0,52	0,90	0,39	0,64
1,1	0,76	0,76	0,50	0,38	0,50	0,88	0,38	0,63
1,2	0,74	0,74	0,49	0,74	0,74	0,99	0,49	0,74
1,3	0,72	0,72	0,60	0,72	0,72	0,97	0,60	0,74
1,4	1,18	1,06	1,06	1,06	1,06	1,18	1,06	1,10
1,5	1,16	1,04	1,04	1,04	1,04	1,16	1,04	1,08
1,6	1,13	1,02	1,02	1,02	1,02	1,13	1,02	1,06
1,7	1,11	1,00	1,00	1,00	1,11	1,11	1,00	1,06
1,8	1,09	0,98	0,98	0,98	1,09	1,09	0,98	1,04
1,9	1,07	1,07	0,96	0,96	1,07	1,07	0,96	1,03
2	1,05	1,05	1,05	0,95	1,05	1,05	0,95	1,03

Prof. (m)	CONTRAINTES ADMISSIBLES						Contrainte Admissibles (bar)	
	Essai 1	Essai 2	Essai 3	Essai 4	Essai 5	Essai 6	Minimum	Moyenne
2,1	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,13	1,03	1,05
2,2	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,11	1,01	1,03
2,3	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,10	1,00	1,01
2,4	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	1,08	0,98	0,99
2,5	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	1,06	0,96	0,98
2,6	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	1,04	0,95	0,96
2,7	0,93	0,93	0,93	0,93	1,02	1,02	0,93	0,96
2,8	0,92	0,92	0,92	0,92	1,01	1,01	0,92	0,95
2,9	0,90	0,90	0,90	0,90	0,99	0,99	0,90	0,93
3	0,89	0,89	0,89	0,89	0,98	0,98	0,89	0,92
3,1	0,87	0,96	0,87	0,87	0,96	0,96	0,87	0,92
3,2	0,95	0,95	0,86	0,95	0,95	0,95	0,86	0,93
3,3	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93
3,4	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92
3,5	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,99	0,91	0,92
3,6	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,97	0,89	0,91
3,7	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,96	0,88	0,89
3,8	0,87	0,95	0,87	1,03	1,03	0,95	0,87	0,95
3,9	0,93	0,93	1,01	1,01	1,71	1,09	0,93	1,11
4	1,38	1,46	1,46	1,00	1,76	1,38	1,00	1,41
4,1	1,67	1,67	1,51	1,97	1,74	1,97	1,51	1,75
4,2	1,64	1,64	1,57	1,94	1,72	1,94	1,57	1,74
4,3	1,62	1,70	1,62	1,92	1,77	2,58	1,62	1,87
4,4	1,60	1,67	1,60	1,89	1,89	2,55	1,60	1,87
4,5	3,16	3,02	3,09	3,23	3,45	3,31	3,02	3,21
4,6	3,12	2,98	3,27	3,19	3,41	3,27	2,98	3,21
4,7	3,08	3,16	3,37	3,16	3,37	3,23	3,08	3,23
4,8	3,05	3,12	3,32	3,12	3,32	3,74	3,05	3,28

Prof. (m)	CONTRAINTES ADMISSIBLES						Contrainte Admissibles (bar)	
	Essai 1	Essai 2	Essai 3	Essai 4	Essai 5	Essai 6	Minimum	Moyenne
4,9	3,28	3,28	3,28	3,22	3,28	3,70	3,22	3,34
5	5,41	5,52	3,25	3,25	3,25	3,65	3,25	4,05
5,1	5,79	5,90	5,57	5,90	6,24	6,01	5,57	5,90
5,2	6,05	6,16	5,94	5,94	6,16	6,38	5,94	6,11

Au regard des résultats obtenus à l'issu des essais au pénétromètre dynamique réalisés sur le site, on constate que la contrainte admissible du site varie d'une part avec la profondeur et d'autre part d'un sondage à l'autre. D'une manière générale, la portance du sol se présente comme suit :

- ✓ De la surface à 4,00 m, la contrainte minimum est inférieure à 1,5 bar ;
- ✓ De 4,00 m à 4,40 m, la contrainte minimum varie entre 1,5 bar et 1,62 bar
- ✓ Au-delà de 4,50 m, la contrainte minimum varie entre 3 bars et 6 bars.

❖ Essais d'identification

Les résultats des essais d'identification sont consignés dans le tableau ci-dessous. Ce tableau indique la classification (HRB) des sols du site et la valeur de la teneur en eau optimale permettant un compactage efficace aboutissant à la meilleure compacité.

Tableau : Les résultats des essais d'identification du site de Kamani

Sondage N°	% Fines 0,08	Limites d'Atterberg		Classification LCP	Nature du sol
		LL	IP		
1	79,00	37,91	12,28	Argile peu plastique	Argile noduleuse
2	66,75	37,39	12,72	Argile peu plastique	Argile noduleuse
3	67,75	30,54	11,07	Argile peu plastique	Argile noduleuse

NB : Les résultats obtenus dans le tableau ci-dessus indiquent que le pourcentage de fines (éléments inférieurs à 0,080m) varient de 66,75 % à 79%, l'indice de plasticité a une valeur moyenne de variant de 12,03.

❖ Essai Proctor Normal

L'essai consiste à damer un échantillon de sol de manière définie et répétitive en faisant varier sa teneur en eau. La mesure régulière de la teneur en eau et de la masse volumique sèche du matériau, une fois reportée sur un graphique, permet d'obtenir une courbe en cloche. L'optimum

est alors déterminé par le point maximal de la courbe qui donne la teneur en eau optimale pour une masse volumique maximum.

Les résultats des essais sont consignés dans le tableau ci-dessous :

Tableau : Résultats d'essai Proctor normal du site de Kamani

Sondage N°	Nature du sol	Proctor Normal	
		γ_h	ω_{opt}
1	Argile noduleuse	1,811	12,20
2	Argile noduleuse	1,710	14,40
3	Argile noduleuse	1,829	13,30

NB : Au regard des résultats mentionnés dans le tableau ci-dessus, nous remarquons que la teneur en eau optimum du site varie de 12,20 à 14,40 pour une densité maximum variant de 1,710 à 1,829.

❖ **Type de fondation**

Au regard des résultats des investigations in situ, ce site est essentiellement constitué d'un sol fin, les contraintes admissibles minimum obtenues par le pénétromètre dynamique varient de 0,14 bar à 5,95 bars.

Pour une meilleure stabilité de l'ouvrage, tout en tenant compte du facteur économique, nous suggérons de fonder l'ouvrage à 2,00 m sur du gros béton d'au moins 1 m d'épaisseur.

❖ **Reconnaissance des matériaux de viabilité**

Le sable pour le béton est disponible dans l'affluent du fleuve, tandis que le gravier sera exploité par ramassage sur les plateaux aux alentours des sites.

Les moellons disponibles sur ce site sont de nature latéritique, ils proviendront des zones d'emprunt latéritiques.

II. Études pédologiques et mesure d'infiltration

1. Études pédologiques

Dans la plaine de Kamani, cinq fosses pédologiques ont été ouvertes et décrites, soient deux fosses dans le bas-fond et quatre fosses sur le bas-glacis. Chaque fosse a fait l'objet de prélèvement d'échantillons de sols.

Un profil type a été choisi par unité morpho pédologique et chaque profil type a été sujet de mesure d'infiltration. Ainsi le profil Ka01 fut choisi comme profil typique de l'unité morpho pédologique bas-fond. Ka01 signifiant : Village de Kamani, profil numéro 1.

Le profil Ka05 est le prototype des sols de bas-glacis, signifiant le sixième profil du village de Kamani. Ces deux profils sont décrits ci-dessous suivant :

Profil 1 : Ka01

Date d'ouverture : 24/04/2020 Longitude : 007°03.250'

Date de description : 25/04/2020 Latitude : 13°11.531'

Microrelief : légèrement concave avec une pente inférieure à 1%

✓ **Horizon 1 : 0 – 25 cm sur 25 cm d'épaisseur :**

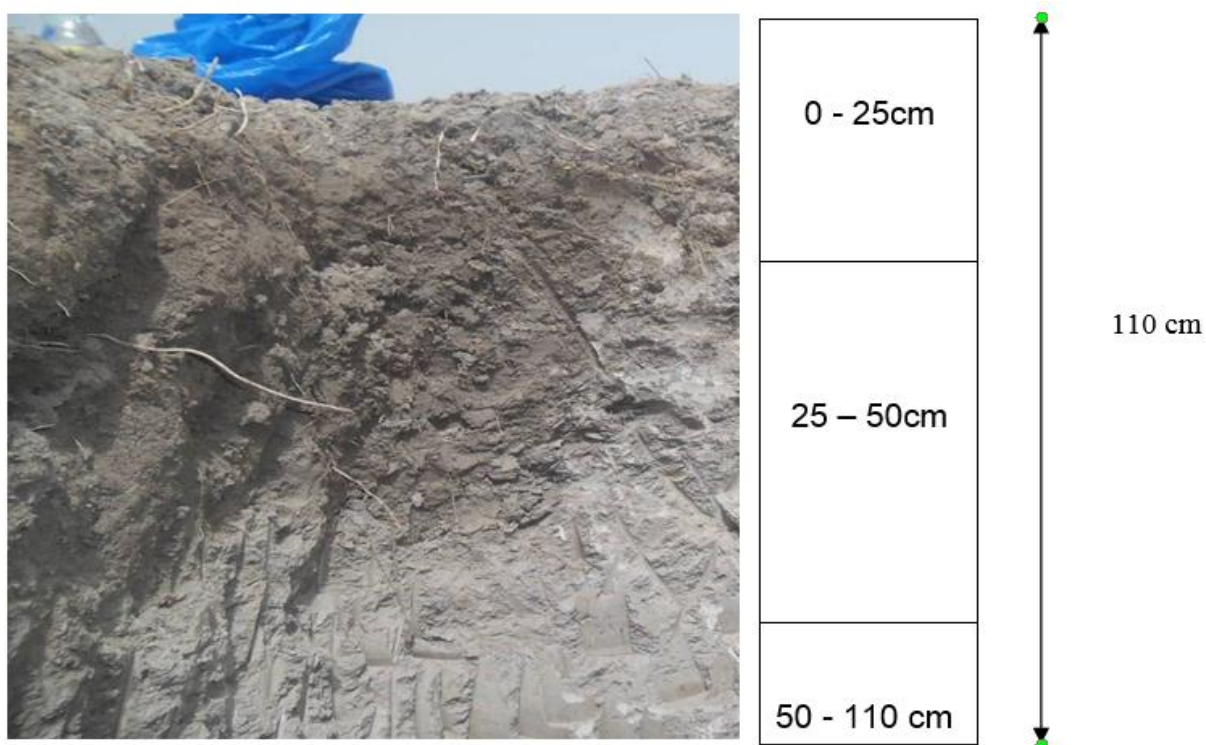
Frais et avec une texture limono-argileuse, cet horizon présente une structure polyédrique anguleuse. La couleur du sol de la couche déterminée avec la charte des couleurs est de 10 YR 3/6 (brun jaunâtre sombre). Très compacte, cette couche a très peu de tâches de couleur brun rougeâtre clair (5 YR 5/8) liées aux agrégats. Non friable, très peu fragile et très plastique, on constate la présence de très peu de pores de dimension très fine et fine. Dans cet horizon, des racines peu nombreuses et saines en fil de fer ont une orientation horizontale, oblique et quelconque. Aussi il se caractérise par la présence de résidus de récolte justifiant que cette parcelle est récemment mise en jachère.

✓ **Horizon 2 : 25 – 50 cm sur 25 cm d'épaisseur**

Frais, la texture est argilo-limoneuse avec une structure polyédrique anguleuse. La couleur de l'horion est 10 YR 4/4 (brun jaunâtre sombre). Très compact, il se caractérise par la présence de taches assez nombreuses de couleur 2.5 YR 4/1 (gris rougeâtre) et des taches de réduction de fer de couleur 2.5 YR 1.5/1 (noir rougeâtre) liées aux agrégats. Peu fragile, non friable, le deuxième horizon a peu de pores de dimension moyenne. On observe dans cet horizon peu de racines qui sont saines en fil de fer avec une orientation horizontale, oblique et quelconque. Pas d'éléments grossiers (graviers) de forme arrondie dans cet horizon avec une transition diffuse par rapport au suivant de profondeur.

✓ **Horizon 3 : 50 – 110 cm sur 60 cm d'épaisseur :**

C'est un horizon humide avec une texture argilo-limoneuse et à structure polyédrique anguleuse. La couleur du sol de cet horizon est 10 YR 5/3 (brun). Très compacte, cette couche a des taches d'oxydation peu nombreuses de couleur 2.5 YR 4/1 (gris rougeâtre) et des taches de réduction de couleur 2.5 YR 1.5/1 (noir rougeâtre) liées aux agrégats. Avec des agrégats peu fragiles, on constate peu de pores de dimension moyenne. Cet horizon a très peu de racines, saines en fil de fer qui ont une orientation horizontale, oblique et quelconque. Avec une transition graduelle, cet horizon n'a pas d'éléments grossiers (graviers) de forme arrondie.



Profil 6 : Ka06

Date d'ouverture : 25/04/2020 **Longitude :** 007°03.941'

Date de description : 25/04/2020 **Latitude :** 13°12.941'

Microrelief : uniforme (légèrement convexe) avec une pente environ 1%.

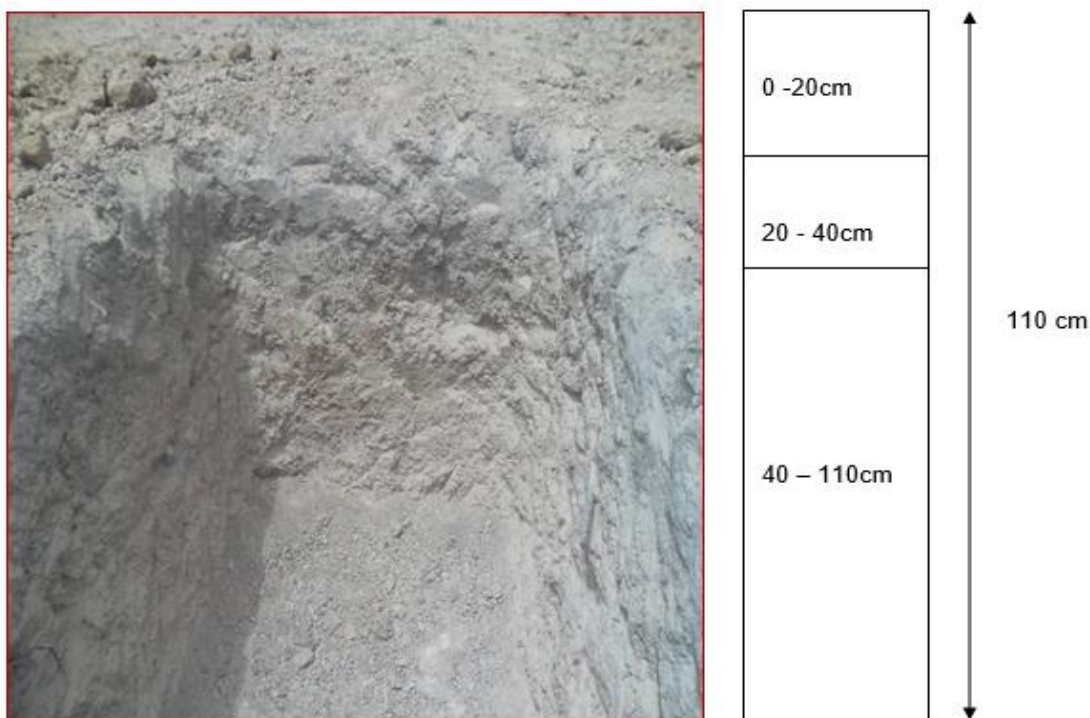
✓ **Horizon 1 : 0 – 20 cm sur 20 cm d'épaisseur :**

Sec avec une texture limono-sableuse, cet horizon présente une structure polyédrique anguleuse. La couleur du sol de la couche déterminée avec la charte des couleurs est de 10 YR 3/6 (brun jaune sombre). Peu compacte, cette couche a très peu de taches de couleur brun rougeâtre clair (5 YR 5/8) liées aux agrégats. Friable et fragile, on constate la présence de nombreux pores de dimension très fine et fine. Dans cet horizon, des racines nombreuses et saines en fil de fer ont une orientation horizontale, oblique et quelconque. Aussi il se caractérise

par la présence d'éléments grossiers (graviers) d'abondance moyenne et de forme arrondie. La transition avec l'horizon suivant est très nette.

✓ Horizon 2 : 20 – 40 cm sur 20 cm d'épaisseur. :
Sec, la texture est limono-argilo-sableuse avec une structure polyédrique anguleuse. La couleur de l'horizon est 7.5 YR 5/8 (brun jaunâtre). Compact, il se caractérise par la présence de taches assez nombreuses de couleur 2.5 YR 4/1 (gris rougeâtre) et des taches de réduction de fer de couleur 2.5 YR 1.5/1 (noir rougeâtre) liées aux agrégats. Fragile, le deuxième horizon a peu de pores de dimension moyenne. On observe dans cet horizon peu de racines qui sont saines en fil de fer avec une orientation horizontale, oblique et quelconque. Peu d'éléments grossiers (concrétions) de forme diverse sont dans cet horizon avec une transition diffuse par rapport au suivant de profondeur.

✓ Horizon 3 : 40 – 110 cm sur 70 cm d'épaisseur :
C'est un horizon humide avec une texture limono-argileuse et à structure polyédrique anguleuse. La couleur du sol de cet horizon est 7.5YR 5/6 (brun jaunâtre). Compacte, cette couche a des taches d'oxydation assez nombreuses de couleur 2.5 YR 4/1 (gris rougeâtre) et des taches de réduction de couleur 2.5 YR 1.5/1 (noir rougeâtre) liées aux agrégats. Avec des agrégats peu fragiles, on constate peu de pores de dimension moyenne. Cet horizon a très peu de racines, saines en fil de fer qui ont une orientation horizontale, oblique et quelconque. Avec une transition graduelle, cet horizon a peu d'éléments grossiers (concrétions) de forme diverse.



2. Mesure d'infiltration

❖ Donnée des mesures d'infiltration

Mesure N°	1	P1				
Coordonnées	X	709904.23	Y	1461174.45	WGS84 Zone 29P	
Temps (min)	ΔT (h)	H (cm)	ΔH (cm)	ΔH cum (cm)	Vi (mm/h)	Vmoy (mm/h)
0.00	0.00	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10.00	0.17	19.31	0.69	0.69	41.40	41.40
20.00	0.17	18.71	0.60	1.29	36.00	38.70
30.00	0.17	18.16	0.55	1.84	33.00	36.80
50.00	0.33	17.66	0.50	2.34	15.00	28.08
70.00	0.33	17.20	0.46	2.80	13.80	24.00
90.00	0.33	16.82	0.38	3.18	11.40	21.20
120.00	0.50	16.47	0.35	3.53	7.00	17.65
150.00	0.50	16.17	0.30	3.83	6.00	15.32
180.00	0.50	15.90	0.27	4.10	5.40	13.67
220.00	0.67	15.61	0.29	4.39	4.35	11.97
260.00	0.67	15.42	0.19	4.58	2.85	10.57
300.00	0.67	15.27	0.15	4.73	2.25	9.46
350.00	0.83	15.16	0.11	4.84	1.32	8.30
400.00	0.83	15.07	0.09	4.93	1.08	7.40
450.00	0.83	15.02	0.05	4.98	0.60	6.64

Mesure N°	2	P2				
Coordonnées	X	709666.10	Y	1460666.45	WGS84 Zone 29P	
Temps (min)	ΔT (h)	H (cm)	ΔH (cm)	ΔH cum (cm)	Vi (mm/h)	Vmoy (mm/h)
0.00	0.00	20.00	0.00	0.00		
10.00	0.17	19.55	0.45	0.45	27.00	27.00
20.00	0.17	19.09	0.46	0.91	27.60	27.30
30.00	0.17	18.55	0.54	1.45	32.40	29.00
50.00	0.33	18.09	0.46	1.91	13.80	22.92
70.00	0.33	17.70	0.39	2.30	11.70	19.71
90.00	0.33	17.35	0.35	2.65	10.50	17.67
120.00	0.50	17.05	0.30	2.95	6.00	14.75
150.00	0.50	16.74	0.31	3.26	6.20	13.04
180.00	0.50	16.50	0.24	3.50	4.80	11.67
220.00	0.67	16.30	0.20	3.70	3.00	10.09
260.00	0.67	16.10	0.20	3.90	3.00	9.00
300.00	0.67	15.91	0.19	4.09	2.85	8.18
350.00	0.83	15.72	0.19	4.28	2.28	7.34
400.00	0.83	15.59	0.13	4.41	1.56	6.62
450.00	0.83	15.47	0.12	4.53	1.44	6.04

Mesure N°	3	P3				
Coordonnées	X	710840.85	Y	1461110.95	WGS84 Zone 29P	
Temps (min)	ΔT (h)	H (cm)	ΔH (cm)	ΔH cum (cm)	Vi (mm/h)	Vmoy (mm/h)
0.00	0.00	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10.00	0.17	19.54	0.46	0.46	27.60	27.60
20.00	0.17	19.14	0.40	0.86	24.00	25.80
30.00	0.17	18.71	0.43	1.29	25.80	25.80
50.00	0.33	18.24	0.47	1.76	14.10	21.12
70.00	0.33	17.81	0.43	2.19	12.90	18.77
90.00	0.33	17.39	0.42	2.61	12.60	17.40
120.00	0.50	16.94	0.45	3.06	9.00	15.30
150.00	0.50	16.61	0.33	3.39	6.60	13.56
180.00	0.50	16.31	0.30	3.69	6.00	12.30
220.00	0.67	16.04	0.27	3.96	4.05	10.80
260.00	0.67	15.81	0.23	4.19	3.45	9.67
300.00	0.67	15.61	0.20	4.39	3.00	8.78
350.00	0.83	15.42	0.19	4.58	2.28	7.85
400.00	0.83	15.25	0.17	4.75	2.04	7.13
450.00	0.83	15.09	0.16	4.91	1.92	6.55

Mesure N°	4	P4				
Coordonnées	X	711264.19	Y	1460867.54	WGS84 Zone 29P	
Temps (min)	ΔT (h)	H (cm)	ΔH (cm)	ΔH cum (cm)	Vi (mm/h)	Vmoy (mm/h)
0.00	0.00	20.00	0.00	0.00		
10.00	0.17	19.61	0.39	0.39	23.40	23.40
20.00	0.17	19.22	0.39	0.78	23.40	23.40
30.00	0.17	18.70	0.52	1.30	31.20	26.00
50.00	0.33	18.21	0.49	1.79	14.70	21.48
70.00	0.33	17.81	0.40	2.19	12.00	18.77
90.00	0.33	17.44	0.37	2.56	11.10	17.07
120.00	0.50	17.11	0.33	2.89	6.60	14.45
150.00	0.50	16.74	0.37	3.26	7.40	13.04
180.00	0.50	16.54	0.20	3.46	4.00	11.53
220.00	0.67	16.35	0.19	3.65	2.85	9.95
260.00	0.67	16.18	0.17	3.82	2.55	8.82
300.00	0.67	16.02	0.16	3.98	2.40	7.96
350.00	0.83	15.90	0.12	4.10	1.44	7.03
400.00	0.83	15.80	0.10	4.20	1.20	6.30
450.00	0.83	15.70	0.10	4.30	1.20	5.73

Mesure N°	5	P5				
Coordonnées	X	710819.69	Y	1460587.08	WGS84 Zone 29P	
Temps (min)	ΔT (h)	H (cm)	ΔH (cm)	ΔH cum (cm)	Vi (mm/h)	Vmoy (mm/h)
0.00	0.00	20.00	0.00	0.00		
10.00	0.17	19.55	0.45	0.45	27.00	27.00
20.00	0.17	19.11	0.44	0.89	26.40	26.70
30.00	0.17	18.63	0.48	1.37	28.80	27.40
50.00	0.33	18.17	0.46	1.83	13.80	21.96
70.00	0.33	17.78	0.39	2.22	11.70	19.03
90.00	0.33	17.43	0.35	2.57	10.50	17.13
120.00	0.50	17.14	0.29	2.86	5.80	14.30
150.00	0.50	16.85	0.29	3.15	5.80	12.60
180.00	0.50	16.61	0.24	3.39	4.80	11.30
220.00	0.67	16.41	0.20	3.59	3.00	9.79
260.00	0.67	16.22	0.19	3.78	2.85	8.72
300.00	0.67	16.05	0.17	3.95	2.55	7.90
350.00	0.83	15.94	0.11	4.06	1.36	6.97
400.00	0.83	15.84	0.10	4.16	1.20	6.24
450.00	0.83	15.74	0.10	4.26	1.19	5.68

Mesure N°	6	P6				
Coordonnées	X	710930.81	Y	1460100.24	WGS84 Zone 29P	
Temps (min)	ΔT (h)	H (cm)	ΔH (cm)	ΔH cum (cm)	Vi (mm/h)	Vmoy (mm/h)
0.00	0.00	20.00	0.00	0.00		
10.00	0.17	19.30	0.70	0.70	42.00	42.00
20.00	0.17	18.67	0.63	1.33	37.80	39.90
30.00	0.17	18.05	0.62	1.95	37.20	39.00
50.00	0.33	17.40	0.65	2.60	19.50	31.20
70.00	0.33	16.90	0.50	3.10	15.00	26.57
90.00	0.33	16.46	0.44	3.54	13.20	23.60
120.00	0.50	16.05	0.41	3.95	8.20	19.75
150.00	0.50	15.70	0.35	4.30	7.00	17.20
180.00	0.50	15.38	0.32	4.62	6.40	15.40
220.00	0.67	15.10	0.28	4.90	4.20	13.36
260.00	0.67	14.85	0.25	5.15	3.75	11.88
300.00	0.67	14.67	0.18	5.33	2.70	10.66
350.00	0.83	14.51	0.16	5.49	1.92	9.41
400.00	0.83	14.40	0.11	5.60	1.32	8.40
450.00	0.83	14.30	0.10	5.70	1.20	7.60

Mesure N°	7	P7				
Coordonnées	X	711375.31	Y	1459862.12	WGS84 Zone 29P	
Temps (min)	ΔT (h)	H (cm)	ΔH (cm)	ΔH cum (cm)	Vi (mm/h)	Vmoy (mm/h)
0.00	0.00	20.00	0.00	0.00		
10.00	0.17	19.30	0.70	0.70	42.00	42.00
20.00	0.17	18.67	0.63	1.33	37.80	39.90
30.00	0.17	18.05	0.62	1.95	37.20	39.00
50.00	0.33	17.40	0.65	2.60	19.50	31.20
70.00	0.33	16.90	0.50	3.10	15.00	26.57
90.00	0.33	16.46	0.44	3.54	13.20	23.60
120.00	0.50	16.05	0.41	3.95	8.20	19.75
150.00	0.50	15.70	0.35	4.30	7.00	17.20
180.00	0.50	15.36	0.34	4.64	6.80	15.47
220.00	0.67	15.07	0.29	4.93	4.35	13.45
260.00	0.67	14.85	0.22	5.15	3.30	11.88
300.00	0.67	14.68	0.17	5.32	2.55	10.64
350.00	0.83	14.53	0.15	5.47	1.80	9.38
400.00	0.83	14.40	0.13	5.60	1.56	8.40
450.00	0.83	14.31	0.09	5.69	1.08	7.59

Mesure N°	8	P8				
Coordonnées	X	711116.02	Y	1459512.87	WGS84 Zone 29P	
Temps (min)	ΔT (h)	H (cm)	ΔH (cm)	ΔH cum (cm)	Vi (mm/h)	Vmoy (mm/h)
0.00	0.00	20.00	0.00	0.00		
10.00	0.17	19.50	0.50	0.50	30.00	30.00
20.00	0.17	19.05	0.45	0.95	27.00	28.50
30.00	0.17	18.68	0.37	1.32	22.20	26.40
50.00	0.33	18.32	0.36	1.68	10.80	20.16
70.00	0.33	18.00	0.32	2.00	9.60	17.14
90.00	0.33	17.70	0.30	2.30	9.00	15.33
120.00	0.50	17.43	0.27	2.57	5.40	12.85
150.00	0.50	17.20	0.23	2.80	4.60	11.20
180.00	0.50	17.00	0.20	3.00	4.00	10.00
220.00	0.67	16.81	0.19	3.19	2.85	8.70
260.00	0.67	16.66	0.15	3.34	2.25	7.71
300.00	0.67	16.53	0.13	3.47	1.95	6.94
350.00	0.83	16.43	0.10	3.57	1.20	6.12
400.00	0.83	16.33	0.10	3.67	1.20	5.51
450.00	0.83	16.25	0.08	3.75	0.96	5.00

Mesure N°	9	P9				
Coordonnées	X	710687.40	Y	1459740.41	WGS84 Zone 29P	
Temps (min)	ΔT (h)	H (cm)	ΔH (cm)	ΔH cum (cm)	Vi (mm/h)	Vmoy (mm/h)
0.00	0.00	20.00	0.00	0.00		
10.00	0.17	19.55	0.45	0.45	27.00	27.00
20.00	0.17	19.15	0.40	0.85	24.00	25.50
30.00	0.17	18.70	0.45	1.30	27.00	26.00
50.00	0.33	18.25	0.45	1.75	13.50	21.00
70.00	0.33	17.82	0.43	2.18	12.90	18.69
90.00	0.33	17.38	0.44	2.62	13.20	17.47
120.00	0.50	16.95	0.43	3.05	8.60	15.25
150.00	0.50	16.60	0.35	3.40	7.00	13.60
180.00	0.50	16.30	0.30	3.70	6.00	12.33
220.00	0.67	16.05	0.25	3.95	3.75	10.77
260.00	0.67	15.82	0.23	4.18	3.45	9.65
300.00	0.67	15.60	0.22	4.40	3.30	8.80
350.00	0.83	15.42	0.18	4.58	2.16	7.85
400.00	0.83	15.25	0.17	4.75	2.04	7.13
450.00	0.83	15.08	0.17	4.92	2.04	6.56

Mesure N°	10	P10				
Coordonnées	X	710057.69	Y	1459777.45	WGS84 Zone 29P	
Temps (min)	ΔT (h)	H (cm)	ΔH (cm)	ΔH cum (cm)	Vi (mm/h)	Vmoy (mm/h)
0.00	0.00	20.00	0.00	0.00		
10.00	0.17	19.60	0.40	0.40	24.00	24.00
20.00	0.17	19.20	0.40	0.80	24.00	24.00
30.00	0.17	18.71	0.49	1.29	29.40	25.80
50.00	0.33	18.25	0.46	1.75	13.80	21.00
70.00	0.33	17.80	0.45	2.20	13.50	18.86
90.00	0.33	17.38	0.42	2.62	12.60	17.47
120.00	0.50	16.95	0.43	3.05	8.60	15.25
150.00	0.50	16.60	0.35	3.40	7.00	13.60
180.00	0.50	16.30	0.30	3.70	6.00	12.33
220.00	0.67	16.05	0.25	3.95	3.75	10.77
260.00	0.67	15.82	0.23	4.18	3.45	9.65
300.00	0.67	15.60	0.22	4.40	3.30	8.80
350.00	0.83	15.40	0.20	4.60	2.40	7.89
400.00	0.83	15.20	0.20	4.80	2.40	7.20
450.00	0.83	15.02	0.18	4.98	2.16	6.64

Mesure N°	11	P11				
Coordonnées	X	710025.94	Y	1460264.28	WGS84 Zone 29P	
Temps (min)	ΔT (h)	H (cm)	ΔH (cm)	ΔH cum (cm)	Vi (mm/h)	Vmoy (mm/h)
0.00	0.00	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10.00	0.17	19.50	0.50	0.50	30.00	30.00
20.00	0.17	19.00	0.50	1.00	30.00	30.00
30.00	0.17	18.55	0.45	1.45	27.00	29.00
50.00	0.33	18.09	0.46	1.91	13.80	22.92
70.00	0.33	17.70	0.39	2.30	11.70	19.71
90.00	0.33	17.35	0.35	2.65	10.50	17.67
120.00	0.50	17.05	0.30	2.95	6.00	14.75
150.00	0.50	16.78	0.27	3.22	5.40	12.88
180.00	0.50	16.55	0.23	3.45	4.60	11.50
220.00	0.67	16.38	0.17	3.62	2.55	9.87
260.00	0.67	16.25	0.13	3.75	1.95	8.65
300.00	0.67	16.14	0.11	3.86	1.65	7.72
350.00	0.83	16.02	0.12	3.98	1.44	6.82
400.00	0.83	15.91	0.11	4.09	1.32	6.14
450.00	0.83	15.80	0.11	4.20	1.32	5.60

Mesure N°	12	P12				
Coordonnées	X	710364.60	Y	1461079.20	WGS84 Zone 29P	
Temps (min)	ΔT (h)	H (cm)	ΔH (cm)	ΔH cum (cm)	Vi (mm/h)	Vmoy (mm/h)
0.00	0.00	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10.00	0.17	19.60	0.40	0.40	24.00	24.00
20.00	0.17	19.20	0.40	0.80	24.00	24.00
30.00	0.17	18.71	0.49	1.29	29.40	25.80
50.00	0.33	18.20	0.51	1.80	15.30	21.60
70.00	0.33	17.80	0.40	2.20	12.00	18.86
90.00	0.33	17.45	0.35	2.55	10.50	17.00
120.00	0.50	17.10	0.35	2.90	7.00	14.50
150.00	0.50	16.75	0.35	3.25	7.00	13.00
180.00	0.50	16.55	0.20	3.45	4.00	11.50
220.00	0.67	16.37	0.18	3.63	2.70	9.90
260.00	0.67	16.23	0.14	3.77	2.10	8.70
300.00	0.67	16.10	0.13	3.90	1.95	7.80
350.00	0.83	15.98	0.12	4.02	1.44	6.89
400.00	0.83	15.87	0.11	4.13	1.32	6.20
450.00	0.83	15.80	0.07	4.20	0.84	5.60

Mesure N°	13	P13				
Coordonnées	X	710248.19	Y	1460602.95	WGS84 Zone 29P	
Temps (min)	ΔT (h)	H (cm)	ΔH (cm)	ΔH cum (cm)	Vi (mm/h)	Vmoy (mm/h)
0.00	0.00	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10.00	0.17	19.50	0.50	0.50	30.00	30.00
20.00	0.17	19.20	0.30	0.80	18.00	24.00
30.00	0.17	19.15	0.05	0.85	3.00	17.00
50.00	0.33	19.00	0.15	1.00	4.50	12.00
70.00	0.33	18.80	0.20	1.20	6.00	10.29
90.00	0.33	18.60	0.20	1.40	6.00	9.33
120.00	0.50	18.55	0.05	1.45	1.00	7.25
150.00	0.50	18.30	0.25	1.70	5.00	6.80
180.00	0.50	18.10	0.20	1.90	4.00	6.33
220.00	0.67	18.00	0.10	2.00	1.50	5.45
260.00	0.67	17.82	0.18	2.18	2.70	5.03
300.00	0.67	17.70	0.12	2.30	1.80	4.60
350.00	0.83	17.53	0.17	2.47	2.04	4.23
400.00	0.83	17.40	0.13	2.60	1.56	3.90
450.00	0.83	17.35	0.05	2.65	0.60	3.53

Mesure N°	14	P14				
Coordonnées	X	710560.40	Y	1460825.20	WGS84 Zone 29P	
Temps (min)	ΔT (h)	H (cm)	ΔH (cm)	ΔH cum (cm)	Vi (mm/h)	Vmoy (mm/h)
0.00	0.00	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10.00	0.17	19.50	0.50	0.50	30.00	30.00
20.00	0.17	19.03	0.47	0.97	28.20	29.10
30.00	0.17	18.58	0.45	1.42	27.00	28.40
50.00	0.33	18.23	0.35	1.77	10.50	21.24
70.00	0.33	17.96	0.27	2.04	8.10	17.49
90.00	0.33	17.76	0.20	2.24	6.00	14.93
120.00	0.50	17.50	0.26	2.50	5.20	12.50
150.00	0.50	17.25	0.25	2.75	5.00	11.00
180.00	0.50	17.05	0.20	2.95	4.00	9.83
220.00	0.67	16.86	0.19	3.14	2.85	8.56
260.00	0.67	16.68	0.18	3.32	2.70	7.66
300.00	0.67	16.55	0.13	3.45	1.95	6.90
350.00	0.83	16.41	0.14	3.59	1.68	6.15
400.00	0.83	16.28	0.13	3.72	1.56	5.58
450.00	0.83	16.16	0.12	3.84	1.44	5.12

Mesure N°	15	P15				
Coordonnées	X	710004.77	Y	1460872.83	WGS84 Zone 29P	
Temps (min)	ΔT (h)	H (cm)	ΔH (cm)	ΔH cum (cm)	Vi (mm/h)	Vmoy (mm/h)
0.00	0.00	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10.00	0.17	19.36	0.64	0.64	38.40	38.40
20.00	0.17	18.81	0.55	1.19	33.00	35.70
30.00	0.17	18.36	0.45	1.64	27.00	32.80
50.00	0.33	17.98	0.38	2.02	11.40	24.24
70.00	0.33	17.63	0.35	2.37	10.50	20.31
90.00	0.33	17.32	0.31	2.68	9.30	17.87
120.00	0.50	17.02	0.30	2.98	6.00	14.90
150.00	0.50	16.75	0.27	3.25	5.40	13.00
180.00	0.50	16.51	0.24	3.49	4.80	11.63
220.00	0.67	16.31	0.20	3.69	3.00	10.06
260.00	0.67	16.12	0.20	3.89	2.93	8.97
300.00	0.67	15.95	0.17	4.06	2.55	8.11
350.00	0.83	15.82	0.13	4.19	1.56	7.17
400.00	0.83	15.70	0.12	4.31	1.44	6.46
450.00	0.83	15.60	0.10	4.41	1.20	5.87

Mesure N°	16	P16				
Coordonnées	X	710565.69	Y	1460290.74	WGS84 Zone 29P	
Temps (min)	ΔT (h)	H (cm)	ΔH (cm)	ΔH cum (cm)	Vi (mm/h)	Vmoy (mm/h)
0.00	0.00	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10.00	0.17	19.35	0.65	0.65	39.00	39.00
20.00	0.17	18.73	0.62	1.27	37.20	38.10
30.00	0.17	18.18	0.55	1.82	33.00	36.40
50.00	0.33	17.67	0.51	2.33	15.30	27.96
70.00	0.33	17.21	0.46	2.79	13.80	23.91
90.00	0.33	16.82	0.39	3.18	11.70	21.20
120.00	0.50	16.47	0.35	3.53	7.00	17.65
150.00	0.50	16.16	0.31	3.84	6.20	15.36
180.00	0.50	15.89	0.27	4.11	5.40	13.70
220.00	0.67	15.64	0.25	4.36	3.75	11.89
260.00	0.67	15.47	0.17	4.53	2.55	10.45
300.00	0.67	15.32	0.15	4.68	2.25	9.36
350.00	0.83	15.20	0.12	4.80	1.44	8.23
400.00	0.83	15.10	0.10	4.90	1.20	7.35
450.00	0.83	15.06	0.04	4.94	0.48	6.59

**Etude d'avant-projet détaillé de l'aménagement d'un périmètre irrigué villageoise de 275 ha à Kamani
dans la commune de Dinandougou (Mali)**

Mesure N°	17	P17				
Coordonnées	X	710385.77	Y	1459962.66	WGS84 Zone 29P	
Temps (min)	ΔT (h)	H (cm)	ΔH (cm)	ΔH cum (cm)	Vi (mm/h)	Vmoy (mm/h)
0.00	0.00	20.00	0.00	0.00		
10.00	0.17	19.50	0.50	0.50	30.00	30.00
20.00	0.17	19.05	0.45	0.95	27.00	28.50
30.00	0.17	18.60	0.45	1.40	27.00	28.00
50.00	0.33	18.14	0.46	1.86	13.80	22.32
70.00	0.33	17.71	0.43	2.29	12.90	19.63
90.00	0.33	17.27	0.44	2.73	13.20	18.20
120.00	0.50	16.84	0.43	3.16	8.60	15.80
150.00	0.50	16.49	0.35	3.51	7.00	14.04
180.00	0.50	16.19	0.30	3.81	6.00	12.70
220.00	0.67	15.92	0.27	4.08	4.05	11.13
260.00	0.67	15.67	0.25	4.33	3.75	9.99
300.00	0.67	15.48	0.19	4.52	2.85	9.04
350.00	0.83	15.34	0.14	4.66	1.68	7.99
400.00	0.83	15.23	0.11	4.77	1.32	7.16
450.00	0.83	15.13	0.10	4.87	1.20	6.49

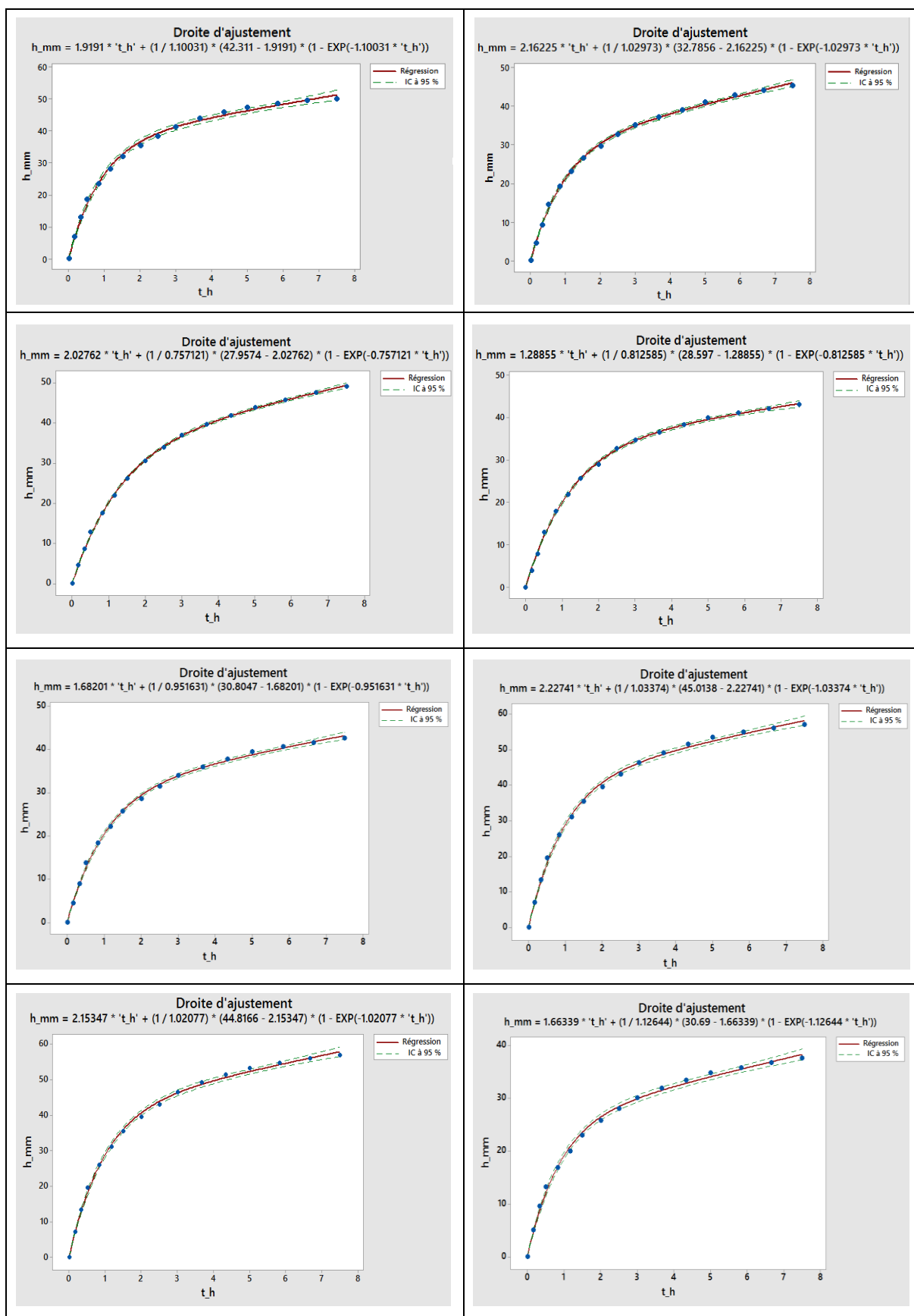
Mesure N°	18	P18				
Coordonnées	X	710923.76	Y	1460836.67	WGS84 Zone 29P	
Temps (min)	ΔT (h)	H (cm)	ΔH (cm)	ΔH cum (cm)	Vi (mm/h)	Vmoy (mm/h)
0.00	0.00	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10.00	0.17	19.52	0.48	0.48	28.80	28.80
20.00	0.17	19.16	0.36	0.84	21.60	25.20
30.00	0.17	18.71	0.45	1.29	27.00	25.80
50.00	0.33	18.22	0.49	1.78	14.70	21.36
70.00	0.33	17.79	0.43	2.21	12.90	18.94
90.00	0.33	17.39	0.40	2.61	12.00	17.40
120.00	0.50	16.94	0.45	3.06	9.00	15.30
150.00	0.50	16.62	0.32	3.38	6.40	13.52
180.00	0.50	16.31	0.31	3.69	6.20	12.30
220.00	0.67	16.05	0.26	3.95	3.90	10.77
260.00	0.67	15.81	0.24	4.19	3.60	9.67
300.00	0.67	15.61	0.20	4.39	3.00	8.78
350.00	0.83	15.42	0.19	4.58	2.28	7.85
400.00	0.83	15.24	0.18	4.76	2.16	7.14
450.00	0.83	15.10	0.14	4.90	1.68	6.53

Mesure N°	19	P19				
Coordonnées	X	711003.13	Y	1459810.08	WGS84 Zone 29P	
Temps (min)	ΔT (h)	H (cm)	ΔH (cm)	ΔH cum (cm)	Vi (mm/h)	Vmoy (mm/h)
0.00	0.00	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10.00	0.17	19.52	0.48	0.48	28.80	28.80
20.00	0.17	19.09	0.43	0.91	25.80	27.30
30.00	0.17	18.58	0.51	1.42	30.60	28.40
50.00	0.33	18.09	0.49	1.91	14.70	22.92
70.00	0.33	17.72	0.37	2.28	11.10	19.54
90.00	0.33	17.33	0.39	2.67	11.70	17.80
120.00	0.50	17.05	0.28	2.95	5.60	14.75
150.00	0.50	16.77	0.28	3.23	5.60	12.92
180.00	0.50	16.54	0.23	3.46	4.60	11.53
220.00	0.67	16.37	0.17	3.63	2.55	9.90
260.00	0.67	16.24	0.13	3.76	1.95	8.68
300.00	0.67	16.13	0.11	3.87	1.65	7.74
350.00	0.83	16.01	0.12	3.99	1.44	6.84
400.00	0.83	15.90	0.11	4.10	1.32	6.15
450.00	0.83	15.82	0.08	4.18	0.96	5.57

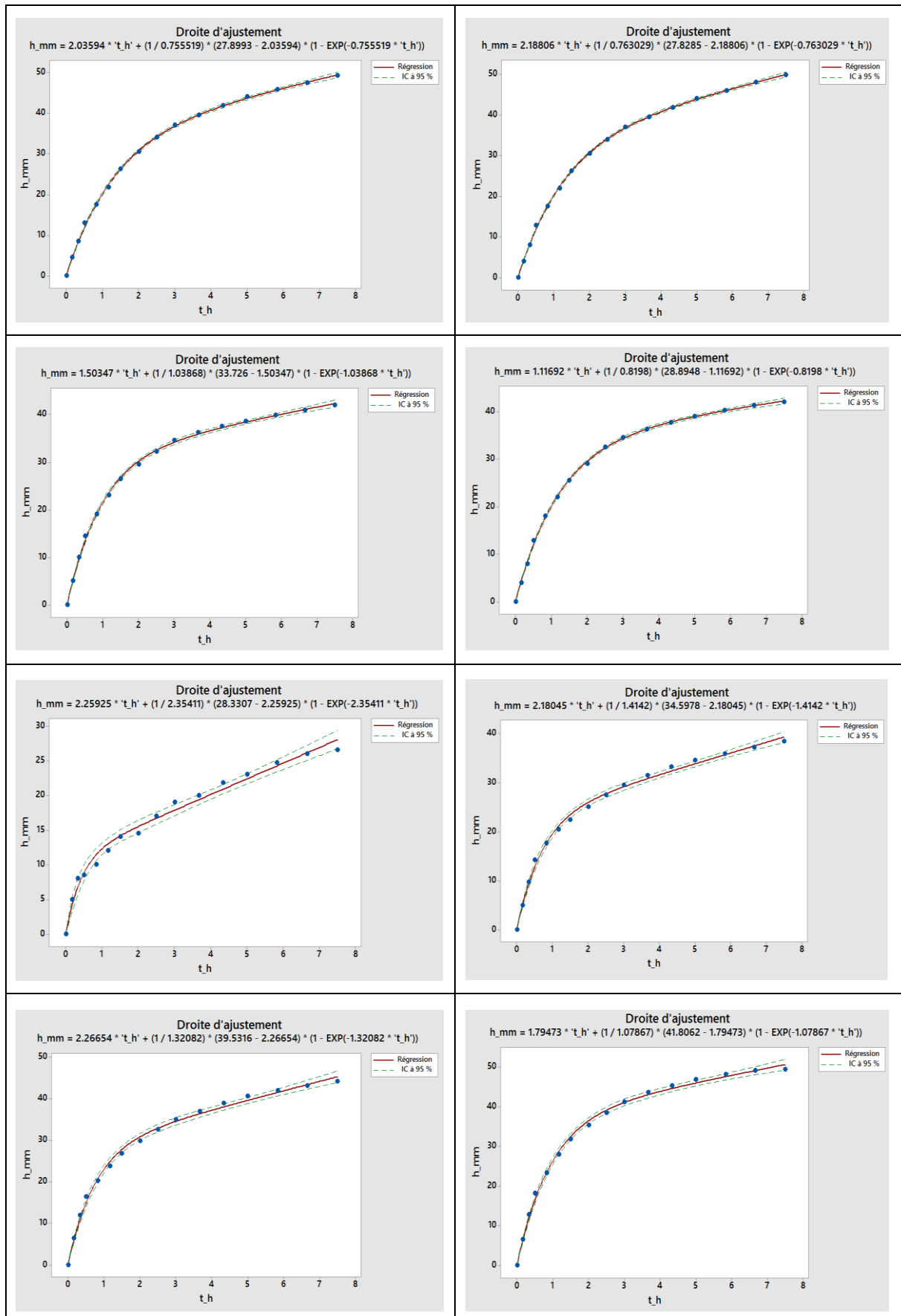
❖ **Résultats des mesures d'infiltration**

Les différentes valeurs d'infiltration obtenues sont données dans le Tableau ci dessous :

Points	X	Y	Ksat
P1	709904.23	1461174.45	1.91
P2	709666.10	1460666.45	2.16
P3	710840.85	1461110.95	2.03
P4	711264.19	1460867.54	1.29
P5	710819.69	1460587.08	1.68
P6	710930.81	1460100.24	2.23
P7	711375.31	1459862.12	2.15
P8	711116.02	1459512.87	1.66
P9	710687.40	1459740.41	2.04
P10	710057.69	1459777.45	2.19
P11	710025.94	1460264.28	1.51
P12	710364.60	1461079.2	1.12
P13	710248.19	1460602.95	2.26
P14	710560.40	1460825.2	2.18
P15	710004.77	1460872.83	2.27
P16	710565.69	1460290.74	1.79
P17	710385.77	1459962.66	1.61
P18	710923.76	1460836.67	2.07
P19	711003.13	1459810.08	1.35
Min			1.12
Max			2.27
Moy			1.87
Ecart type			0.35
Mediane			2.03



**Etude d'avant-projet détaille de l'aménagement d'un périmètre irrigué villageoise de 275 ha à Kamani
dans la commune de Dinandougou (Mali)**



**Etude d'avant-projet détaille de l'aménagement d'un périmètre irrigué villageoise de 275 ha à Kamani
dans la commune de Dinandougou (Mali)**

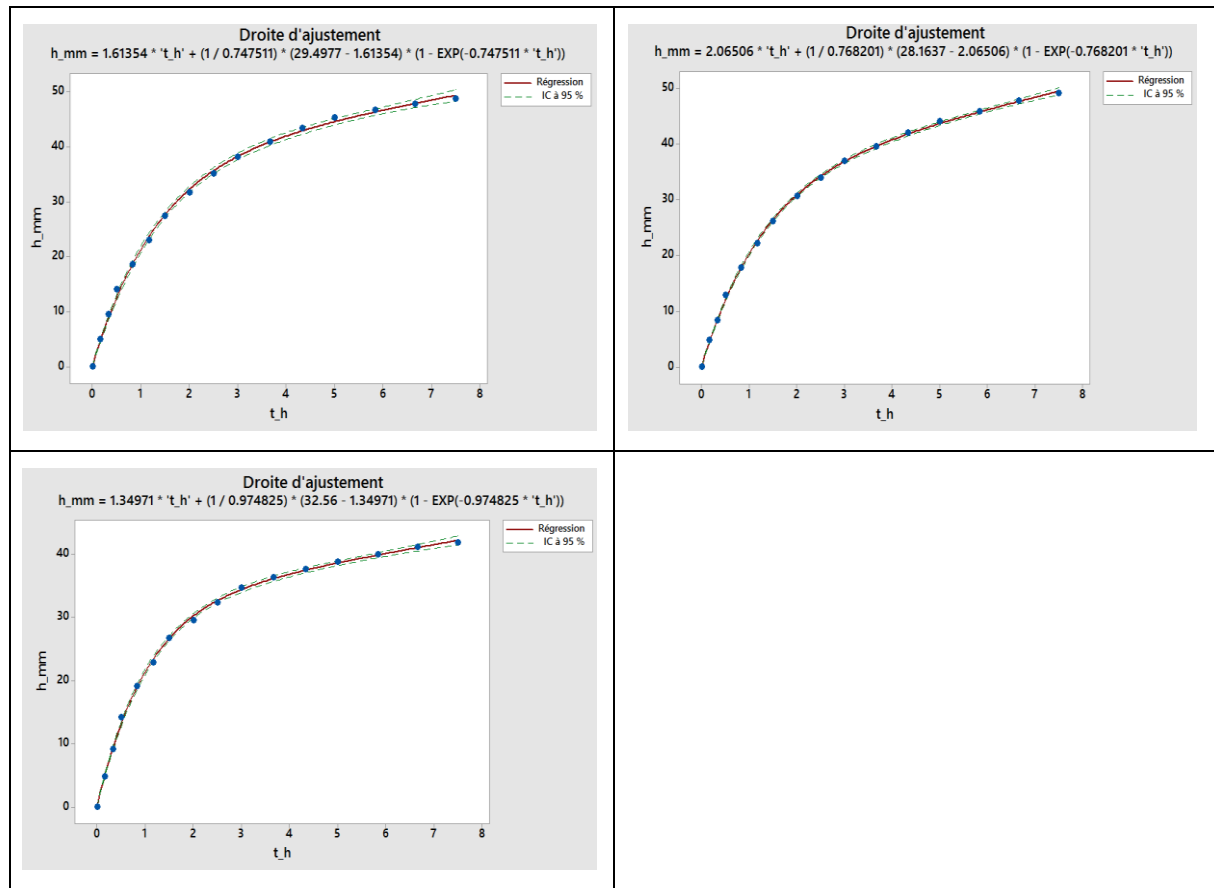


Figure : Courbes d'infiltration des sols

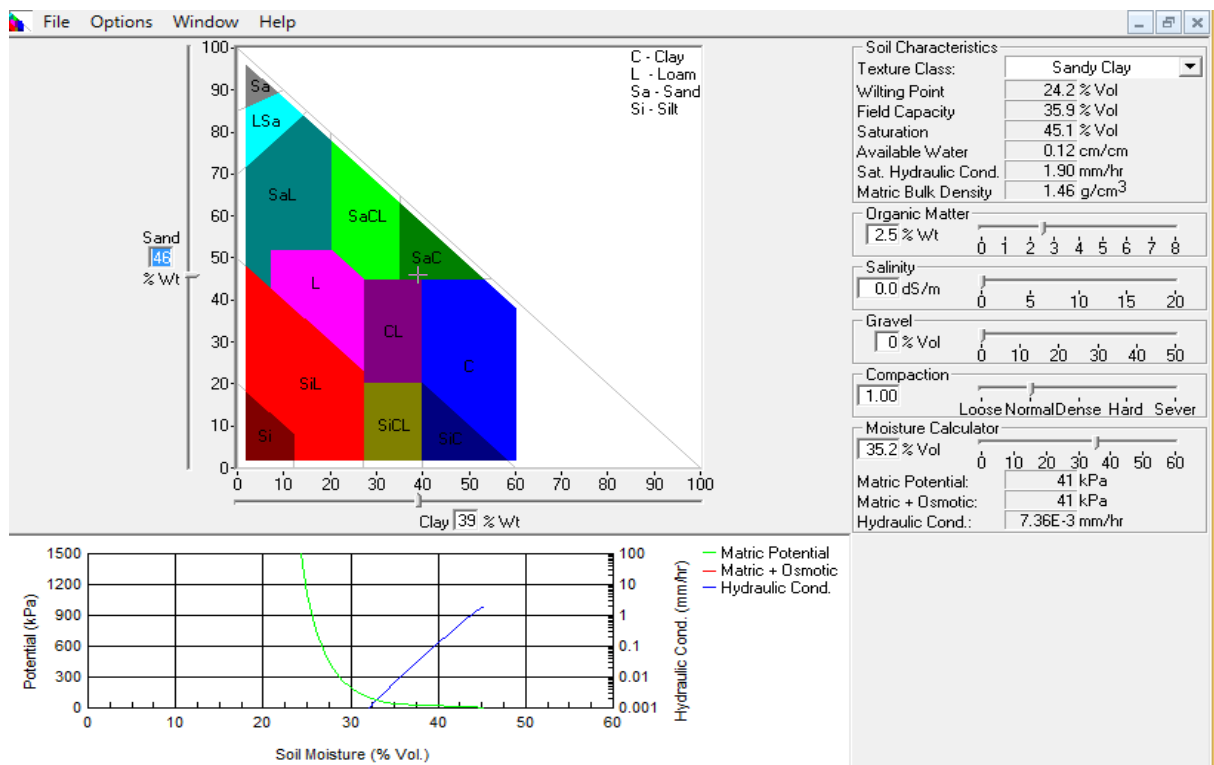


Figure : Choix du type de sol

ANNEXE 4 : PLAN DE GESTION ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL

1. Objectif

Dans ce qui précède ont été définies un certain nombre de mesures susceptibles de réduire les impacts négatifs du projet sur les différents aspects environnementaux et sociaux. Il est important que ces mesures, qui concernent les phases d'études et de préparation, de construction et d'exploitation du périmètre de Kamani (Commune Rurale de Dinandougou, Cercle de Koulikoro et Région de Koulikoro), soient effectivement mises en œuvre. C'est là le but du plan de gestion environnementale et sociale (PGES).

Le PGES reprend les mesures environnementales prévues, définit les responsabilités et instances impliquées pour leur mise en œuvre, et établit un programme de suivi.

Ce plan est différencié en fonction de la phase considérée, les tâches étant de natures différentes (phase d'études et de préparation, phase de construction et phase d'exploitation).

Le PGES contient les éléments suivants, pour chaque mesure environnementale concernée:

- ✓ Rappel du (des) impact(s) motivant la mesure, y compris la(les) composante(s) du projet impliquée(s) ;
- ✓ Description détaillée de la mesure :
 - Effet attendu : la description de l'effet escompté sert de point de référence pour le suivi ultérieur (monitoring), qui aura pour but d'évaluer la mise en œuvre de la mesure et son efficacité ;
 - Responsabilités (planification de détail, mise en œuvre et monitoring) ;
 - Coût (dans la mesure du possible, selon le stade d'avancement du projet).

2. Mise en œuvre des mesures

La plupart des mesures mentionnées sont à prendre en considération pendant les phases de préparation et de construction du projet. Elles devront faire l'objet d'un suivi environnemental continu (monitoring), qui sera assuré par un effectif constitué spécialement à cet effet.

La responsabilité finale des mesures reste du ressort de la maîtrise d'ouvrage. Cependant leur exécution, dans la plupart des cas, incombe aux entreprises chargées des travaux. Les cahiers des charges des travaux devront donc définir clairement le partage des responsabilités. Ils devront également comprendre un système de pénalités, pour les cas de figures où les entreprises ne mettraient pas en place les mesures prévues.

3. Description des mesures

Les tableaux suivants reprennent la description des mesures principales, y compris les modalités de mise en œuvre, les responsabilités et, lorsque cela est possible, une appréciation des coûts.

Tableau : Fiche de description des mesures : Sol et eau

Mesure 1	Mesures de protection du sol et de l'eau
Élément de l'environnement	Sol, eaux superficielles, eaux souterraines
Phase du projet	Études et préparation, construction, exploitation
Description et caractérisation de l'impact à traiter	Altérations physiques (compactage du sol, érosion hydrique et éolienne), risques de pollution (par les déchets humains, matériaux et déchets de chantier) du sol et de l'eau : Effet négatif modéré , en phase de construction ; Négligeable en phase d'exploitation
Composante du projet	Installations de chantier, terrassements, circulations d'engins, stockage des produits polluants (huiles, hydrocarbure, ...), gestions des déchets
Mesures associées à la phase de construction	▪ Phase d'études (avant-projet détaillé) et de préparation : - Définition du projet (implantation) ; - Établissement de cahiers des charges de travaux intégrant des spécifications techniques et administratives précises et contraignantes pour les entreprises ; - État des lieux sur la totalité de l'emprise des ouvrages projetés ; ▪ Travail par temps sec ; ▪ Circulation : définition des pistes de transport, limitation des pistes d'accès au strict minimum, optimisation des rotations de véhicules, contrôle et entretien des véhicules ; ▪ Éviter la stagnation d'eaux de ruissellement ; ▪ Définition des zones de stockage des matériaux et engins, dépôts séparés des matériaux d'extraction (terre végétale, sous-sol, ...) ;

	▪ Stockages séparés et sécurisés des produits polluants, avant évacuation et traitement conforme et systématique hors du site ; ▪ Gestion des eaux usées, déchets humains et de chantier, nettoyage régulier du chantier ; ▪ Gestion des zones végétales et des surfaces décapées, stabilisation des sols par compactage ; ▪ Remise en état des sites après travaux (chantier et sites d'extraction de matériaux, évacuation des matériaux et déchets, décompactage des superficies)
Mesures associées à la phase d'exploitation	Pas de mesures spécifiques prévues pour les opérations d'entretien et de maintenance (surveillance essentiellement *)
Effets des mesures	Protection du sol, des eaux superficielles et souterraines ; limitation des risques de pollution
Responsabilités et mise en œuvre	Maîtrise d'ouvrage (phases d'études et de préparation) Entreprises de travaux (phases de préparation et de travaux)
Suivi, monitoring	Contrôle de l'application des mesures, suivi environnemental : équipe de pilotage du suivi environnemental (maîtrise d'ouvrage, consultant environnement, DRACPN et autres services de l'État, représentants des collectivités et société civile)
Estimation des coûts	Faibles
Observations	Ces dispositions font partie des bonnes pratiques de chantier ; elles relèvent essentiellement de la responsabilité des entreprises de travaux. Veiller à bien évaluer, dans le cadre de la consultation des entreprises, les propositions des candidats sur le plan des mesures de mitigation des impacts environnementaux.
* En cas de terrassements (cas de figure exceptionnel en phase d'exploitation) : mesures analogues à celles décrites pour la phase de construction, sur une étendue beaucoup plus limitée	

Tableau : Fiche de description des mesures : Air et bruit

Mesure 2	Mesures de protection de l'air et contre le bruit
Élément de l'environnement	Air et environnement sonore
Phase du projet	Études et préparation, construction, exploitation
Description et caractérisation de l'impact à traiter	Poussières (circulations, terrassements, manipulations des matériaux) et nuisances sonores (idem) : Effet négatif modéré , en phase de construction ; Négligeable en phase d'exploitation
Composante du projet	Terrassements, stockages de matériaux, circulations d'engins
Mesures associées à la phase de construction	▪ Phase d'études (avant-projet détaillé) et de préparation : établissement de cahiers des charges de travaux intégrant des spécifications techniques et administratives précises et contraignantes pour les entreprises ; ▪ Éviter le travail par grand vent ; ▪ Arrosage des sites du chantier, des dépôts de matériaux ; ▪ Contrôle et entretien des véhicules (niveaux sonores) ; ▪ Population professionnelle : protections auditives ; ▪ Optimisation des rotations de véhicules du chantier (réduire les voyages à vide).
Mesures associées à la phase d'exploitation	Pas de mesures spécifiques prévues pour les opérations d'entretien et de maintenance (surveillance essentiellement *), autres que l'utilisation d'engins en bon état (limitation des nuisances sonores)
Effets des mesures	Réduction de la pollution de l'air et des nuisances sonores
Responsabilités et mise en œuvre	Maîtrise d'ouvrage (phases d'études et de préparation) Entreprises de travaux (phases de préparation et de travaux)

Suivi, monitoring	Contrôle de l'application des mesures, suivi environnemental : équipe de pilotage du suivi environnemental (maîtrise d'ouvrage, consultant environnement, DRACPN et autres services de l'État, représentants des collectivités et société civile)
Estimation des coûts	Faibles
Observations	Ces dispositions font partie des bonnes pratiques de chantier ; elles relèvent essentiellement de la responsabilité des entreprises de travaux. Veiller à bien évaluer, dans le cadre de la consultation des entreprises, les propositions des candidats sur le plan des mesures de mitigation des impacts environnementaux.
* En cas de terrassements (cas de figure exceptionnel en phase d'exploitation) : mesures analogues à celles décrites pour la phase de construction, sur une étendue beaucoup plus limitée	

Tableau : Fiche de description des mesures : Faune et flore

Mesure 3	Mesures de protection de la faune et de la flore
Élément de l'environnement	Végétation et animaux
Phase du projet	Études et préparation, construction, exploitation
Description et caractérisation de l'impact à traiter	Dégradation ou destruction du couvert végétal (débroussaillage, abattage d'arbres, piétinement) et des habitats correspondants ; migration et perturbation des cycles biologiques des espèces : Effet négatif modéré à fort , en phase de construction ; Négligeable en phase d'exploitation ; faible à modéré en phase de déclassement (absence de couvert végétal à proximité des ouvrages, suite aux travaux de construction et compte tenu des contraintes d'exploitation)
Composante du projet	Composantes temporaires et permanentes : installations et personnels de chantier, débroussaillage, abattage, terrassements, circulations d'engins, stockages, etc. ; et implantation des ouvrages définitifs (réduction des espaces végétalisés)
Mesures associées à la phase de construction	▪ Intervention d'un expert environnementaliste, dès la phase d'études (avant-projet détaillé) et de préparation ; ▪ Phase d'études (avant-projet détaillé) et de préparation : établissement de cahiers des charges de travaux intégrant des spécifications techniques et administratives précises et contraignantes pour les entreprises ; planification des travaux tenant compte des périodes de reproduction et de nidification ; état des lieux sur la totalité de l'emprise des ouvrages projetés ; ▪ Délimitation précise et au plus juste des emprises de chantier (installations de chantier, accès, stockages, etc.), concentration des activités au sein de ces emprises ; ▪ Instructions à l'attention du personnel de chantier (balisage des sites à préserver, évité de tuer tout animal

	découvert au cours des travaux, ne pas exposer des aliments ou attirer des proies sur le site) ; ▪ Mesures de réduction des risques de pollution (cf. fiche sur les mesures de protection de l'eau et du sol) ; ▪ Reboisement d'arbres sur 2 ha au niveau du site/village et emprunts/carrières exploités ; ▪ Remise en état des sites après travaux, chaque fois que possible (hors emprise directe du projet) ; ▪ Récupération et stockage des rémanents sur place, pour mise à disposition des populations riveraines.
Mesures associées à la phase d'exploitation	Il n'est pas prévu de mesures spécifiques en phase d'exploitation (opérations de surveillance essentiellement *), autres que l'utilisation d'engins en bon état (limitation des nuisances sonores pour la faune)
Effets des mesures	Rétablissement d'une couche végétale (herbacée) après travaux, protection contre l'érosion, compensation des arbres abattus, préservation de la faune et de ses habitats
Responsabilités et mise en œuvre	Maîtrise d'ouvrage (phases d'études et de préparation) Entreprises de travaux (phases de préparation et de travaux)
Suivi, monitoring	Contrôle de l'application des mesures, suivi environnemental : équipe de pilotage du suivi environnemental (maîtrise d'ouvrage, consultant environnement, DRACPN et autres services de l'État, représentants des collectivités et société civile)
Estimation des coûts	Modérés
Observations	L'intervention d'un expert environnementaliste est capitale sur ces opérations.
* En cas de terrassements (cas de figure exceptionnel en phase d'exploitation) : mesures analogues à celles décrites pour la phase de construction, sur une étendue beaucoup plus limitée	

Tableau : Fiche de description des mesures : Sécurité et santé des populations

Mesure 4	Mesures en matière de sécurité et santé des populations
Élément de l'environnement	Population locale (riveraine) et population professionnelle
Phase du projet	Études et préparation, construction, exploitation
Description et caractérisation de l'impact à traiter	En phases de construction : ▪ Population professionnelle (personnels de chantier) : risques professionnels de manière générale (accidents et maladies, en particulier : chutes, collisions, coups, affections pulmonaires, auditives, etc.) ; ▪ Population locale (riveraine) : - Risques liés aux travaux de chantier, à la circulation des engins de chantier et aux perturbations incidentes du trafic de manière générale, toutes ces situations étant fortement accidentogènes ; - Problèmes de santé publique liés au bruit et à la pollution de l'air (affections pulmonaires) ; - Problèmes de santé publique liés aux maladies sexuellement transmissibles, en raison de l'exposition particulière associée à l'accroissement des populations exogènes (personnels de chantier) ; - Problèmes de santé publique et dégradation du cadre de vie, si rejets non contrôlés de déchets solides ou liquides en provenance du chantier. Effet négatif fort En phase d'exploitation : ▪ Population professionnelle : risques d'accidents/maladies ;

	Population locale (riveraine) : risques d'accidents et maladies, lors d'interventions sur les ouvrages des agents en charge des opérations d'exploitation, d'entretien et de maintenance des ouvrages. Effet négatif fort ou modéré à fort
Mesures associées à la phase de construction	Phase d'études (avant-projet détaillé) et de préparation : établissement de cahiers des charges de travaux intégrant des spécifications techniques et administratives précises et contraignantes pour les entreprises Population professionnelle : port des équipements de sécurité (casques, gants, chaussures de sécurité, protections visuelles et auditives, etc.), mise à disposition de matériels de soin et de premier secours, installations de gestion des déchets et des eaux usées, protection contre les serpents Population locale (riveraine) : protection / sécurisation des accès, limitation du nombre et de la durée des travaux, gestion des circulations d'engins, information / communication visant les personnels de chantier et les populations riveraines (sécurité, santé, comportements et relations entre populations ; en particulier, mise en place d'un plan d'action pour lutter contre les maladies sexuellement transmissibles)

Tableau : Fiche de description des mesures : Sécurité et santé des populations

Mesure 4 (Suite)	Mesures en matière de sécurité et santé des populations
Élément de l'environnement	Population locale (riveraine) et population professionnelle
Effets des mesures	Réduction des risques d'accidents et des effets sanitaires, sur la population professionnelle et la population locale (riveraine)
Responsabilités et mise en	Maîtrise d'ouvrage (phases d'études, de préparation, d'exploitation)

œuvre	Entreprises de travaux (phases de préparation et de travaux)
Suivi, monitoring	Contrôle de l'application des mesures, suivi environnemental : équipe de pilotage du suivi environnemental (maîtrise d'ouvrage, consultant environnement, DRACPN et autres services de l'État, représentants des collectivités et société civile)
Estimation des coûts	Faibles pour les mesures en phase de construction, potentiellement plus importants pour la prise en compte des contraintes affectant les travaux.
Observations	Les dispositions pour les phases de construction font partie des bonnes pratiques de chantier ; elles relèvent essentiellement de la responsabilité des entreprises de travaux. Veiller à bien évaluer, dans le cadre de la consultation des entreprises, les propositions des candidats sur le plan des mesures de mitigation des impacts environnementaux. Les dispositions établies en vue de la phase d'exploitation nécessitent un traitement très attentif de la part de la maîtrise d'ouvrage
* En cas de terrassements (cas de figure exceptionnel en phase d'exploitation) : mesures analogues à celles décrites pour la phase de construction, sur une étendue beaucoup plus limitée	

Tableau : Fiche de description des mesures : Activités

Mesure 5	Mesures relatives aux activités
Élément de l'environnement	Activités agronomiques, économiques et habitat
Élément de l'environnement	Activités économiques et habitat
Phase du projet	Études et préparation, construction, exploitation
Description et caractérisation de l'impact à traiter	En phase de construction : ▪ Effet négatif modéré : - Dérangement possible, à différents stades de réalisation du projet, lié aux interventions à l'intérieur des propriétés privées pour des besoins d'études (levés topographiques notamment) ; - Suspension ou forte perturbation temporaire des activités situées au contact direct des travaux, avec pertes de revenus, dégradation ou pertes de biens (champs de cultures, périmètres maraichers, plantations, etc.) ; - Perturbation du transport lié aux travaux du projet. ▪ Effet positif modéré : - Création et développement des petites activités riveraines, génératrices de revenus (petits commerces) ; - Augmentation de la demande de service de logement ; - Création d'emplois (manœuvres, ouvriers, gardiens), de façon directe ou au travers d'entreprises sous-traitantes et de fournisseurs ; - De manière générale, stimulation de l'économie locale, du travail des femmes, réduction de la pauvreté,

	amélioration des conditions de vie des populations. En phase d'exploitation, en dehors de ce qui relève de la sécurité et santé des populations (cf. fiche correspondante) : effet négligeable ; il n'est pas prévu d'opérations de terrassement, hors situation exceptionnelle : à supposer que ce cas de figure se présente, les incidences seraient par nature analogues à celles décrites pour la phase de construction, mais à un niveau extrêmement limité (caractère ponctuel et rare)
Composante du projet	Installations, outils et personnels de chantier, terrassements, circulations d'engins, implantation des ouvrages définitifs
Effets des mesures	Limitation des pertes et dégradations occasionnées aux activités; compensation pour toute perte constatée Amélioration de l'économie locale
Responsabilités et mise en œuvre	Maîtrise d'ouvrage (phases d'études et de préparation) Entreprises de travaux (phases de préparation et de travaux)
Suivi, monitoring	Contrôle de l'application des mesures, suivi environnemental : équipe de pilotage du suivi environnemental (maîtrise d'ouvrage, consultant environnement, DRACPN et autres services de l'État, représentants des collectivités et société civile)
Estimation des coûts	Faibles, si les mesures visant à préserver le patrimoine existant situé en domaine privé sont correctement mises en œuvre
Observations	L'avant-projet détaillé est une phase importante pour la limitation des incidences sur les activités ; il nécessite un traitement attentif de la part de la maîtrise d'ouvrage.
* En cas de terrassements (cas de figure exceptionnel en phase d'exploitation) : mesures analogues à celles décrites pour la phase de construction, sur une étendue beaucoup plus limitée	

Tableau : Fiche de description des mesures : Conflits sociaux

Mesure 6	Mesures relatives au risque de conflits sociaux
Élément de l'environnement	Climat social au sein des populations riveraines du projet
Phase du projet	Construction
Description et caractérisation de l'impact à traiter	Conflits sociaux liés à : emploi de main d'œuvre étrangère, par friction avec les populations riveraines en cas de non-respect des us et coutumes locaux ; occupation de terrains publics ou privés, à des fins de stockage non autorisé de matériaux et/ou d'engins de chantier, à plus forte raison si ce stockage entraîne des dégradations ; perturbation des activités économiques ou culturelles Effet négatif modéré en phases de construction
Composante du projet	Personnel de chantier, installations de chantier
Mesures associées à la phase de construction	Information /communication auprès des intervenants de chantier (tous acteurs) et des populations riveraines Encadrement rigoureux de l'occupation des terrains publics ou privés
Mesures associées à la phase d'exploitation	-
Effets des mesures	Réduction du risque d'apparition de situations conflictuelles au sein de la population
Responsabilités et mise en œuvre	Maîtrise d'ouvrage (phases d'études et de préparation) Entreprises de travaux (phases de préparation et de travaux)
Suivi, monitoring	Contrôle de l'application des mesures, suivi environnemental : équipe de pilotage du suivi environnemental (maîtrise d'ouvrage, consultant environnement, DRACPN et autres services de l'État, représentants des collectivités et société

	civile)
Estimation des coûts	Faibles
Observations	-

Tableau : Fiche de description des mesures : Patrimoine culturel

Mesure 7	Mesures concernant le patrimoine culturel
Élément de l'environnement	Lieux de culte, patrimoine archéologique
Phase du projet	Études et préparation, construction, exploitation
Description et caractérisation de l'impact à traiter	Contraintes d'accès pour l'essentiel, concernant les lieux de culte : Effet négatif faible en phases de construction, négligeable en phase d'exploitation
Composante du projet	Installations de chantier, terrassements, circulations d'engins
Mesures associées à la phase de construction	▪ Planification des travaux tenant compte des contraintes d'accès aux lieux de culte ▪ Établissement de cahiers des charges de travaux intégrant des spécifications techniques et administratives précises et contraignantes pour les entreprises ▪ Information / communication auprès des établissements concernés ▪ Archéologie : - Réalisation de sondages avant le démarrage des travaux, afin d'évaluer la présence d'éventuels vestiges sur l'emprise du chantier (bien qu'aucun site ne soit recensé ou pressenti sur la zone du projet) ; - En cas de présence avérée : suspension des travaux ; application stricte des directives des autorités administratives compétentes.

Mesures associées à la phase d'exploitation	En dehors de ce qui relève de la sécurité et santé des populations (cf. fiche correspondante), il n'est pas prévu de mesures propres aux impacts sur les lieux de culte en phase d'exploitation.
Mesures associées à la phase de déclassement	Mêmes mesures que celles décrites en phase de construction pour les lieux de culte
Effets des mesures	Lieux de culte : réduction des contraintes d'accès en phases de construction Vestiges archéologiques éventuels : conservation
Responsabilités et mise en œuvre	Maîtrise d'ouvrage (phases d'études et de préparation) Entreprises de travaux (phases de préparation et de travaux)
Suivi, monitoring	Contrôle de l'application des mesures, suivi environnemental : équipe de pilotage du suivi environnemental (maîtrise d'ouvrage, consultant environnement, DRACPN et autres services de l'État, représentants des collectivités et société civile)
Estimation des coûts	Faibles, hors découverte de vestiges archéologiques
Observations	-

ANNEXE 5 : AVANT-METRE

Désignation	Longueur	Caractéristique			Déblais (m3)	Remblais (m3)	Décapage (m3)
		B	H	Pente			
DT1-1	425.517	0.3	0.3	0.00005	263.94	6.38	95.5
DT1-2	364.367	0.3	0.3	0.00005	154.01	5.46	69.12
DT1-3	364.511	0.3	0.4	0.00005	89.79	8.51	71.24
DT2-1	557.411	0.3	0.4	0.00005	130.47	24.69	106.03
DT2-2	557.264	0.3	0.4	0.00005	150.26	8.33	87.21
DT2-3	557.12	0.3	0.5	0.00005	280.7	8.36	112.55
DT2-4	556.944	0.3	0.5	0.00005	337.87	8.36	123.22
DT3-1	386.233	0.3	0.3	0.00005	218.81	5.74	81.48
DT3-2	419.19	0.3	0.3	0.00005	132.08	11.35	72.02
DT3-3	379.749	0.3	0.4	0.00005	76.51	9.5	57.52
DT3-4	505.724	0.3	0.4	0.00005	240.73	7.18	95.11
DT3-5	373.355	0.3	0.3	0.00005	76.51	9.5	57.52
DT4-1	199.385	0.3	0.3	0.00005	273.87	4.46	82.55
DT4-2	349.433	0.3	0.4	0.00005	149.72	6.78	94.1
DT4-3	430.673	0.3	0.4	0.00005	265.44	6.47	95.88
DT4-4	587.935	0.3	0.4	0.00005	243.4	4.68	75.54
DT4-5	636.497	0.3	0.4	0.00005	218.65	5.78	81.91
DT4-6	566.379	0.3	0.5	0.00005	275.81	5.84	71.58
DT4-7	373.049	0.3	0.4	0.00005	267.73	7.98	95.89
DT4-8	661.044	0.3	0.6	0.00005	86.51	9.5	57.52
DT4-9	373.208	0.3	0.3	0.00005	79.9	8.5	27.78
DT4-10	373.348	0.3	0.3	0.00005	240.73	7.18	95.11
DT5-1	485.827	0.3	0.3	0.00005	154.01	5.46	69.12
DT5-2	328.002	0.3	0.3	0.00005	216.81	9.74	91.48
DT1	410.677	0.3	0.3	0.00005	282.07	6.16	95.46
DT2	309.604	0.3	0.3	0.00005	84.33	4.46	47.67
DT3	590.811	0.3	0.4	0.00005	366.55	8.86	131.71

**Etude d'avant-projet détaillé de l'aménagement d'un périmètre irrigué villageoise de 275 ha à Kamani
dans la commune de Dinandougou (Mali)**

DT4	420.759	0.3	0.4	0.00005	191.52	6.1	78.31
DT5	128.648	0.3	0.3	0.00005	24.24	6.74	16.55
DT6	308.008	0.3	0.3	0.00005	48.64	4.48	39.72
DT7	418.906	0.3	0.3	0.00005	71.24	4.91	48.11
DT8	345.41	0.3	0.3	0.00005	72.81	4.91	48.37
DT9	311.181	0.3	0.3	0.00005	151.32	4.66	60.48
DS1	426.66	0.5	0.7	0.00005	1190.02	6.23	182.34
DS2	1872.95	0.5	1	0.00005	3051.83	18.65	502.27
DS3	449.29	0.8	0.9	0.00005	456.27	12.1	124.39
DS4	1383.54	1	1.1	0.00005	1816.68	543.6	621.15
DS5	346.32	0.5	0.6	0.00005	157.57	9.15	72.45
DP	2763.83	1.5	1.4	0.00005	45757.6	58.33	2707.9

Designation	Longueur	Caractéristique			Deblais(m3)	Renblais(m3)	Decapage(m2)
		B	H	Pente			
CT1-1	524.26	0.45	0.45	0.00059	0.00	1625.78	195.42
CT1-2	242.12	0.45	0.45	0.00157	8.88	380.95	111.47
CT1-3	559.84	0.45	0.45	0.00060	2.41	1679.63	187.46
CT1-4	279.18	0.45	0.45	0.00072	0.00	683.50	129.82
CT1-5	559.45	0.45	0.45	0.00060	0.00	1210.93	260.26
CT1-6	433.23	0.45	0.45	0.00060	25.38	596.80	201.33
CT1-7	559.53	0.45	0.45	0.00119	15.23	1093.48	260.18
CT1-8	424.02	0.45	0.45	0.00087	0.44	885.21	197.17
CT1-9	418.56	0.45	0.45	0.00095	0.00	1060.07	194.63
CT1-10	373.29	0.45	0.45	0.00060	1.46	783.21	173.51
CT1-11	364.69	0.45	0.45	0.00060	2.78	999.95	169.58
CT1-12	405.44	0.45	0.45	0.00060	6.69	801.14	188.53
CT1-13	371.82	0.45	0.45	0.00060	0.00	1437.62	172.30
CT1-14	373.52	0.45	0.45	0.00060	0.00	1106.74	173.64
CT1-15	368	0.45	0.45	0.00060	0.00	1207.11	169.46

**Etude d'avant-projet détaille de l'aménagement d'un périmètre irrigué villageoise de 275 ha à Kamani
dans la commune de Dinandougou (Mali)**

CT1-16	373.52	0.45	0.45	0.00060	0.00	1071.46	173.40
CT1-17	287.3	0.45	0.45	0.00060	6.35	465.69	134.38
CT1-18	380.55	0.45	0.45	0.00060	0.00	256.21	76.45
CT2-1	593.33	0.45	0.45	0.00060	8.25	1215.03	275.90
CT2-2	633.34	0.45	0.45	0.00060	0.00	1993.98	264.36
CT2-3	638.99	0.45	0.45	0.00060	1.84	2306.97	264.35
CT2-4	577.41	0.45	0.45	0.00060	0.00	1542.34	268.50
CT2-5	663.49	0.45	0.45	0.00072	0.15	1788.84	308.53
CT2-6	370.71	0.45	0.45	0.00050	0.00	765.17	156.83
CT2-7	489.5	0.45	0.45	0.00060	0.55	674.31	152.15
CT2-8	388.66	0.45	0.45	0.00060	0.00	987.20	152.12
CT2-9	250.21	0.45	0.45	0.00108	0.23	443.04	109.53
CT2-10	326.91	0.45	0.45	0.00060	0.00	871.57	152.08
CT2-11	556.75	0.45	0.45	0.00061	6.41	873.26	233.02
CT2-12	446.37	0.45	0.45	0.00060	0.00	1019.61	150.21
CT2-13	508.53	0.45	0.45	0.00088	0.23	936.96	193.18
CT2-14	203.7	0.45	0.45	0.00060	0.00	402.43	63.35

Designat ion	Longe ur	Caractéristiqu e			Deblais(m3)	Renblais(m3)	Decapage(m2)	Béton(m3)	Piste
		B	H	Pente					
CS1	2128. 3	0. 5	1	0.000 2	27.96	13680.22	2227.93	672.55	1340. 83
CS2	1988. 9	0. 5	1	0.000 2	0	22516.11	1253.02	628.5	1253. 02

ANNEXE 6 : DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF DU PROJET

L'évaluation des coûts du projet a été faite sur la base des éléments définis tout en prenant en compte leurs charges d'exécution. Le coût de l'aménagement est estimé à partir des bordereaux des prix unitaires appliqués dans la zone d'études et d'autres références en relation avec les travaux de ce genre.

Le devis quantitatif et estimatif des travaux est fourni dans le tableau ci-après :

N°	Désignation	Unités	Quantités	Prix unitaires	Prix total
	SÉRIE 100 : INSTALLATIONS ET SERVICES				
101	Amenée et mise en place des installations générales	FF	1	2 000 000	2 000 000
102	Repli et nettoyage générale	FF	1	1 000 000	1 000 000
	TOTAL SÉRIE 100 : INSTALLATIONS ET SERVICES				3 000 000
	SÉRIE 200 : TERRASSEMENTS				
201	Débroussaillage et décapage des emprises ep = 10 cm	m3	23555.18	1000	23 555 180
202	Déblai mise en dépôt définitif	m3	17 538.66	1 500	26 307 995
203	Déblais mis en remblai compacté à l'OPN pour les drains et les pistes	m3	40 923.55	3 500	143 232 415
204	Remblai compacté provenant d'emprunt pour les canaux, pistes et cavaliers des drains	m3	128 303.39	3 000	384 910 179
205	Remblai provenant d'emprunt pour la digue de ceinture	m3	98969.34	3 000	296 908 020
206	Remblais latéritiques pour le revêtement des cavaliers des canaux, drains et la digue de ceinture	m3	2 593.85	4 500	11 672 325
207	Fouilles pour ouvrages	m3	1 271.70	1 500	1 907 550
	TOTAL SÉRIE 200 : TERRASSEMENTS				888 493 663
	SÉRIE 300 : OURVRAGES				
301	Canal Secondaires				
301.1	Béton de type "B2" dosé à 250 kg/m3, béton ordinaire pour radier de 10 cm d'épaisseur et talus	m3	1301.05	80 000	104084000
301.2	Fourniture et pose de joint bitumineux	MI	1	60 000	60000
302	Bassin de réception				
302.1	Béton de type "B1" dosé à 150 kg/m3, béton de propreté de 5 cm	m3	4.54	50 000	227 000
302.2	Béton de type "B2" dosé à 250 kg/m3, béton ordinaire pour radier de 10 cm d'épaisseur et talus	m3	9.07	80 000	725 600
302.3	Maçonnerie de parpaing plein de 15 cm d'épaisseur pour voile	m²	88.2	7 000	617 400
302.4	Béton de type "B5" dosé à 350 kg/m3, béton armé pour poteaux	m3	0.96	110 000	105 600
302.5	Enduits intérieurs et extérieurs	m²	287.1	5 000	1 435 500
303	Franchissement de drain sous digue				

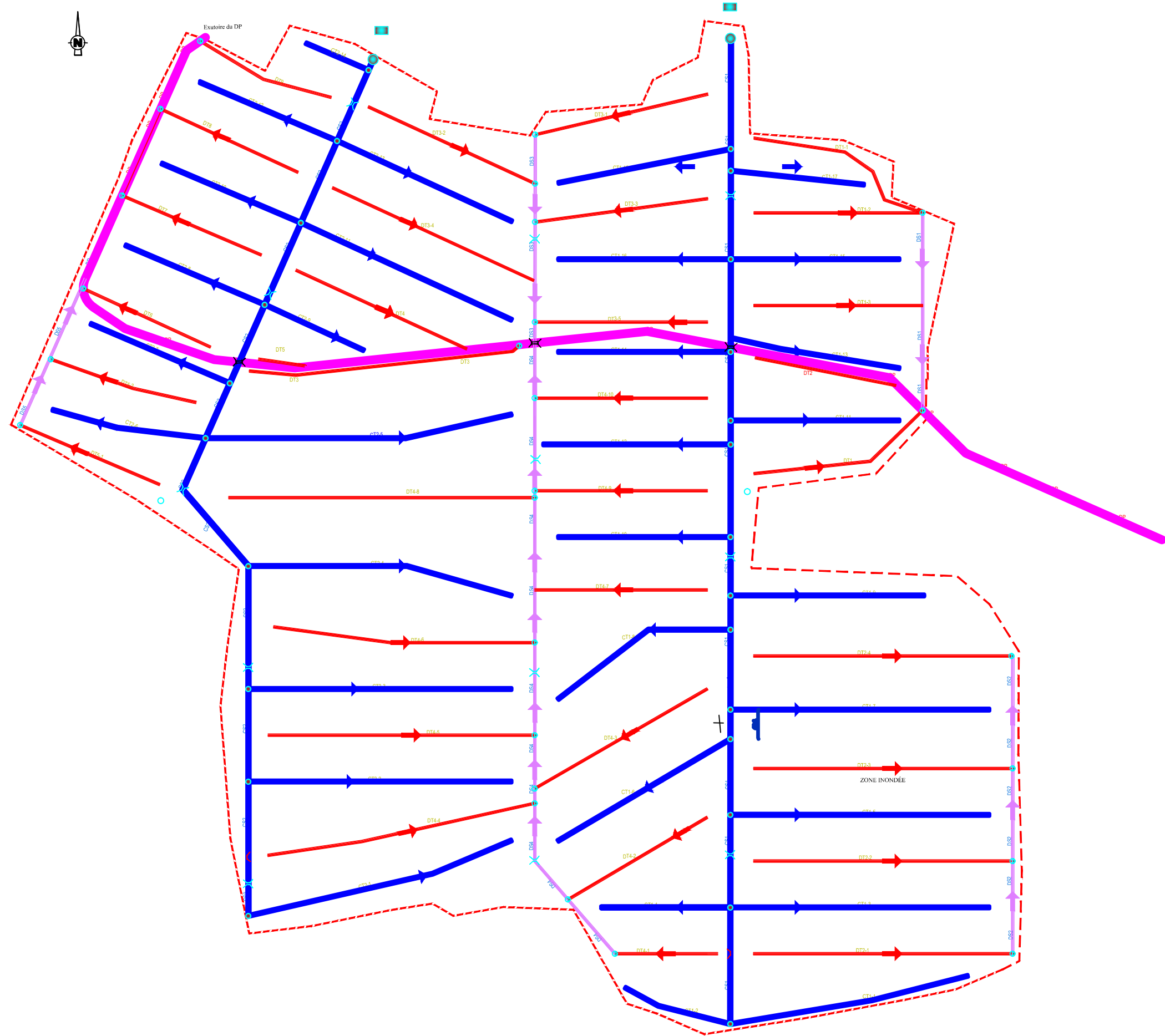
303.1	Fouille en pleine masse	m3	96.45	2 000	192 900
303.2	Béton de propreté dosé à 150 kg/m3	m3	22.22	80 000	1 777 600
303.3	Béton pour béton armé dosé à 350 kg/m3	m3	130.29	110 000	14 331 900
303.4	Remblais d'ouvrage	m3	489.13	3 500	1 711 955
303.5	Enrochements	m3	25.18	12 000	302 160
303.6	Perrés maçonnés	m2	50	15 000	750 000
303.7	Gabions	m3	66	40 000	2 640 000
304	Exutoire de drain principal				
304.1	Fouille en pleine masse	m3	60.96	2 700	164 592
304.2	Béton de propreté dosé à 150 kg/m3	m3	14	80 000	1 120 000
304.3	Béton pour béton armé dosé à 350 kg/m3	m3	94.53	110 000	10 398 300
304.4	Remblais d'ouvrage	m3	489.13	3 500	1 711 955
304.5	Enrochements	m3	16.58	12 000	198 960
304.6	Perrés maçonnés	m²	50	15 000	750 000
304.7	Gabions	m3	36	40 000	1 440 000
305	Franchissement de drain sous canal				
305.1	Fouille en pleine masse	m3	25.18	2 700	67 986
305.2	Béton de propreté dosé à 150 kg/m3	m3	50	80 000	4 000 000
305.3	Béton pour béton armé dosé à 350 kg/m3	m3	66	110 000	7 260 000
305.4	Enrochements	m3	60.96	12 000	731 520
305.5	Perrés maçonnés	m2	14	15 000	210 000
305.6	Gabions	m3	94.53	40 000	3 781 200
306	Prises de canal tertiaire				
306.1	Fouille en pleine masse	m3	176	1 500	264 000
306.2	Béton armé dosé à 350 kg/m3	m3	48.82	110 000	5 370 200
306.3	Fourniture et pose de conduite PVC diamètre 250	MI	8	8 500	68 000
306.4	Mise en place de lit de sable	m3	8	6 500	52 000
307	Franchissement sur canal secondaire				

307.1	Dallettes en béton armé de 4 m de large pour passage	m3	7.89	80 000	631 200
308	Déversoirs d'extrémité de canal tertiaire				
308.1	Fouille en pleine masse	m3	30.46	1 500	45 690
308.2	BA radié	m3	24.53	110 000	2 698 300
308.3	Perré sec	m²	65.8	5 500	361 900
308.4	Déversoir régulateur				
308.5	Dallettes en béton armé de 4 m de large pour passage	m3	4.2	110 000	462 000
309	Débouchés de drain tertiaire				
309.1	Fouille en pleine masse	m3	154	1 500	231 000
309.2	Fourniture et pose de conduite PVC diamètre 250	MI	210	8 500	1 785 000
	TOTAL SÉRIE 400 : OUVRAGES				172 765 418
	SÉRIE 400 CONDUITES PVC ET BÉTONS				
401	Fourniture et pose de conduite PVC pour refoulement	MI	2 348.07	6 000	14 088 420
402	Fourniture et pose de conduite PVC pour débouchés drain	MI	556	5 000	2 780 000
	TOTAL SÉRIE 400 CONDUITES PVC ET BÉTONS				16 868 420
	SÉRIE 500 MAÇONNERIE / GABIONS / ENROCHEMENTS				
501	Enrochement sec	m²	90	11 000	990 000
502	Maçonneries de moellons au mortier de ciment dosé à 250 Kg/m3 pour perrés maçonnés	m²	28.84	15 000	432 600
503	Gabions	m3	3	50 000	150 000
	TOTAL SÉRIE 600 MAÇONNERIE / GABIONS / ENROCHEMENTS				1 572 600
	SÉRIE 600: ASSERVISSEMENTS ET ÉQUIPEMENTS HYDROMÉCANIQUES				
601	Vannes plate à crémaillère le franchissement du DS7 sous la digue (1,10x1, 10 m)	U	1	1 500 000	1 500 000
602	Prises de canaux tertiaires en TOR, section 0,40 x 0,60 cm	U	40	12 500	500 000
603	Prises de parcelles en TOR, section 0,40 x 0,40 cm	U	556	9 500	5 282 000
	TOTAL SÉRIE 600 : ASSERVISSEMENTS ET ÉQUIPEMENTS HYDROMÉCANIQUES				7 282 000
	SÉRIE 700 : STATION DE POMPAGE				

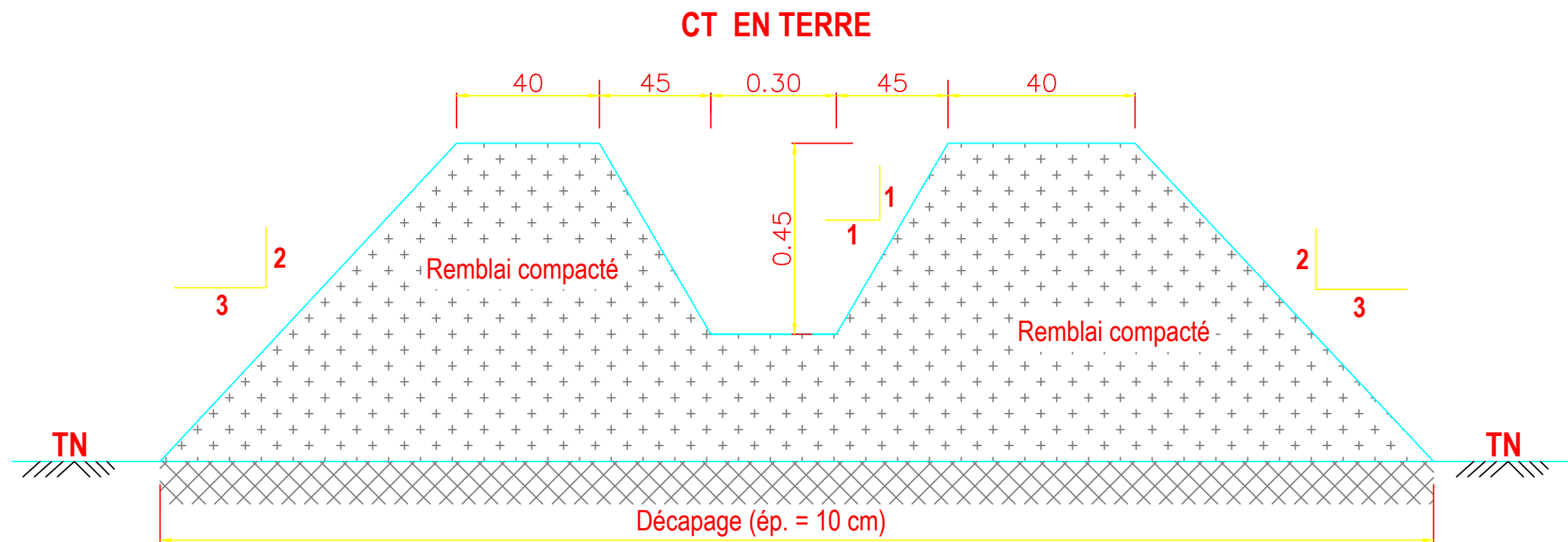
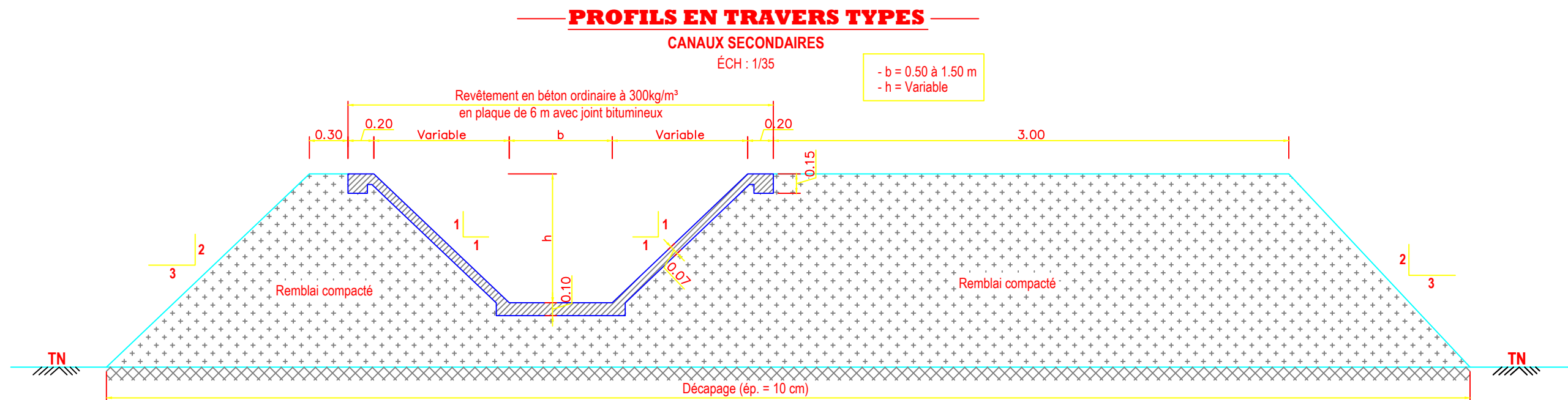
701	Fourniture et pose de groupe motopompe mobile sur chariot de 300 l/s, HMT: 20 m, de puissance 159,50 CV	U	2	4 500 000	9 000 000
702	Fourniture et pose de groupe motopompe mobile de 127,50 l/s, HMT : 41 m, de puissance 142 CV	U	2	4 000 000	8 000 000
703	Fourniture et pose de groupe motopompe mobile de 127,50 l/s, HMT : 9 m, de puissance 133 CV	U	2	3 750 000	7 500 000
704	Vannette métallique, section 1,50 x 1,50	U	2	50 000	100 000
705	Grille de protection	U	2	100 000	200 000
TOTAL SÉRIE 700 STATION DE POMPAGE					24 800 000
TOTAL GÉNÉRAL					1 114 782 101

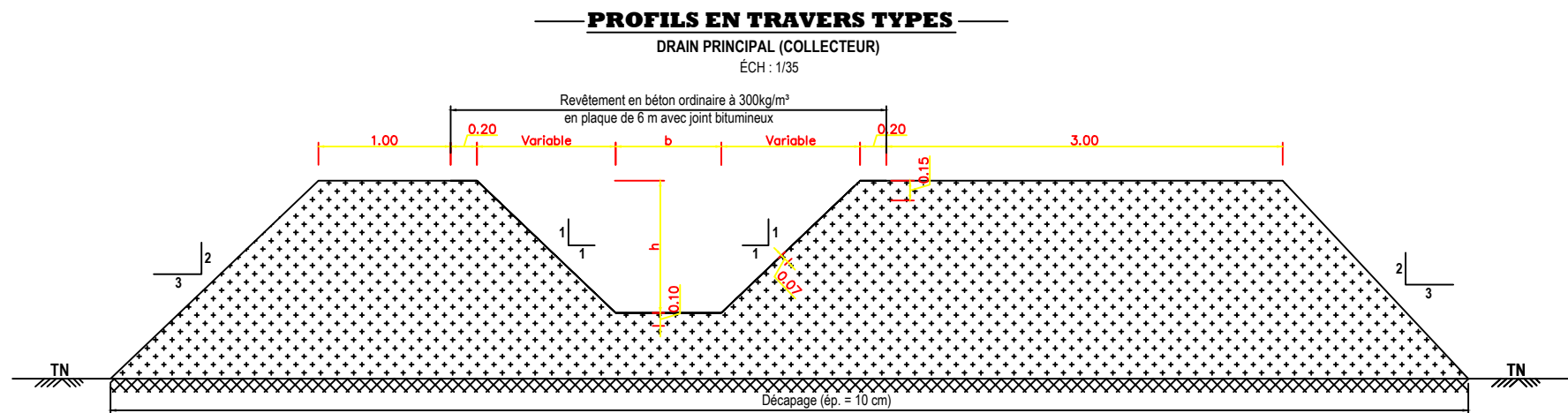
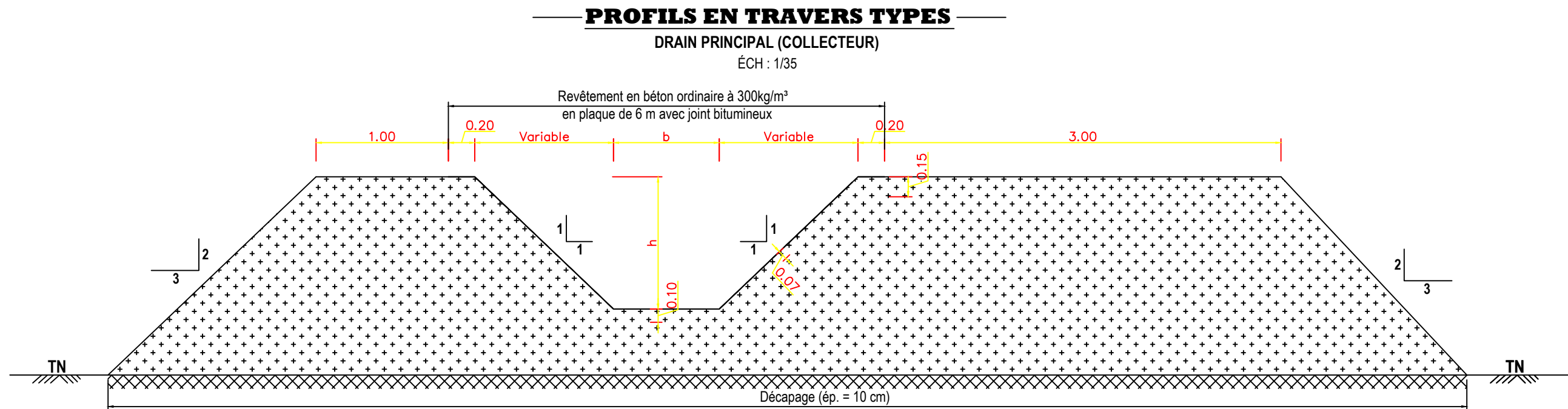
ANNEXE 7 : PIECES GRAPHIQUES DU PROJET

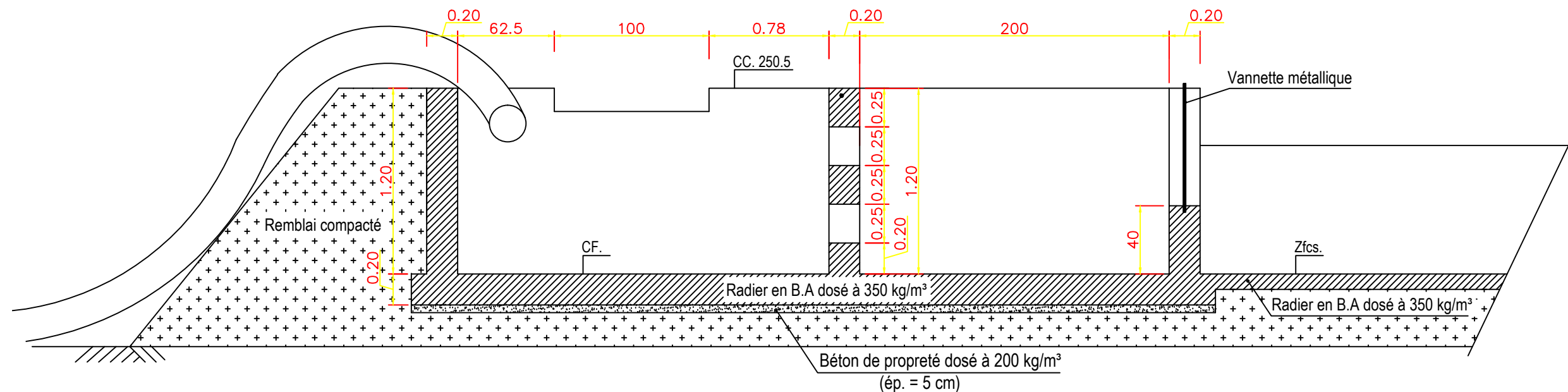
N°	NOMS	ECHELLE
1	PLAN D'AMÉNAGEMENT	
2	PLANS TYPES	
2.1	PROFILS EN TRAVERS DES CANAUX, DRAINS ET DIGUE DE	
2.2	BASSIN DE RÉCEPTION	
2.3	PRISE DE CANAUX TERTIAIRE	
2.4	PRISE DE RIGOLE	
2.5	DÉVERSOIR RÉGULATEUR	
2.6	DÉVERSOIR D'EXTRÉMITÉ DE CANAUX	
2.7	DÉBOUCHÉE DE TRAIN TERTIAIRE	
2.8	DÉBOUCHÉE DE TRAIN SECONDAIRE	
2.9	OUVRAGES DE FRANCHISSEMENT	
5	PROFILS EN LONG DES CANAUX ET DRAINS	
5.1	CANAUX SECONDAIRES	
5.2	CANAUX TERTIAIRE	
5.3	DRAIN COLLECTEUR	
5.4	DRAIN SECONDAIRE	
5.5	DRAIN TERTIAIRE	



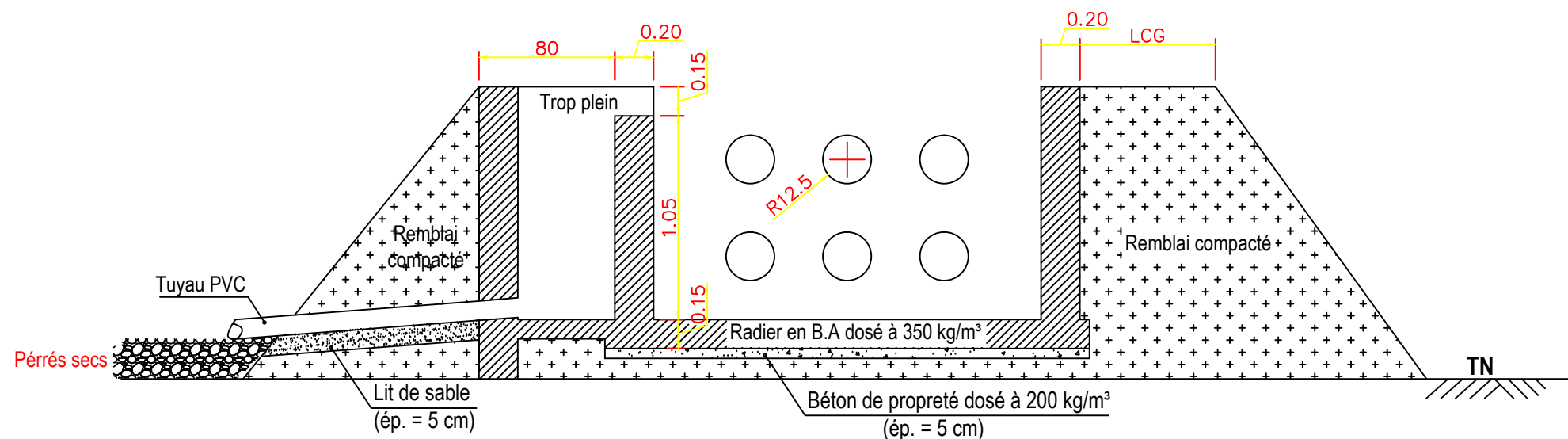
- LÉGENDE**
- Bornes limite levé
 - Prise
 - Puits
 - Digue de protection
 - Piste
 - Ravin
 - Fleuve
 - Ouvrages de franchissement
 - Ouvrages régulateurs
 - Franchissement sur CS et DS tous les 500 m
 - Prise de canal tertiaire
 - Sens d'écoulement
 - Station de pompage/Bassin de réception
 - Drain primaire
 - Drain secondaire
 - Drain tertiaire
 - Ouvrages de franchissement
 - Ouvrages régulateurs
 - Franchissement sur CS et DS tous les 500 m
 - Prise de canal tertiaire
 - Sens d'écoulement
 - Station de pompage/Bassin de réception



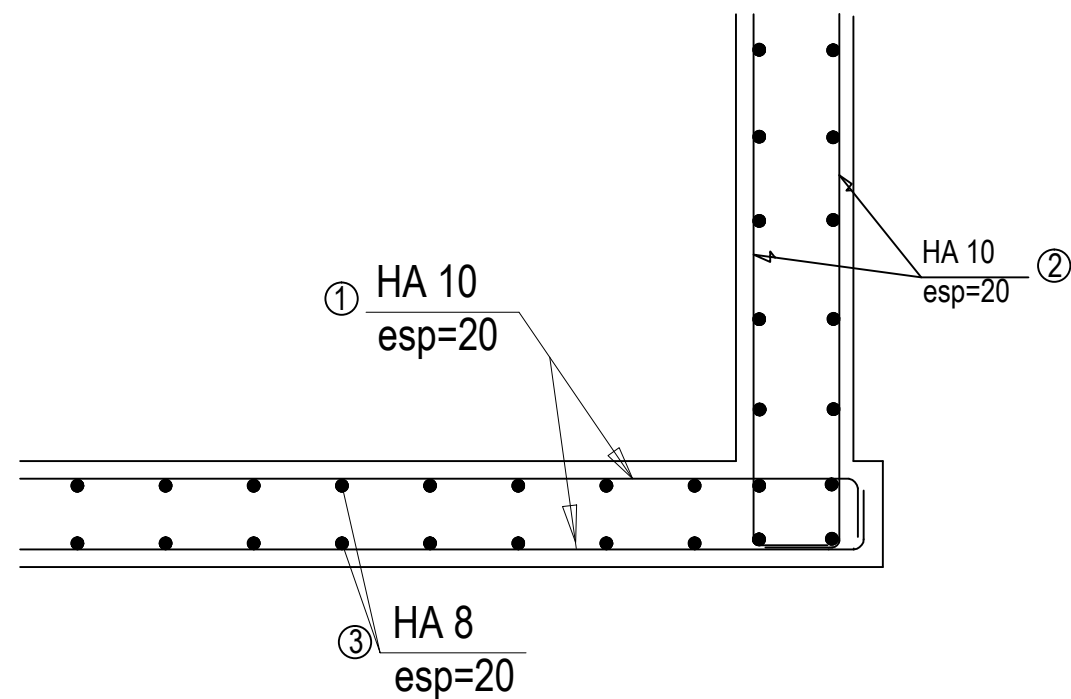
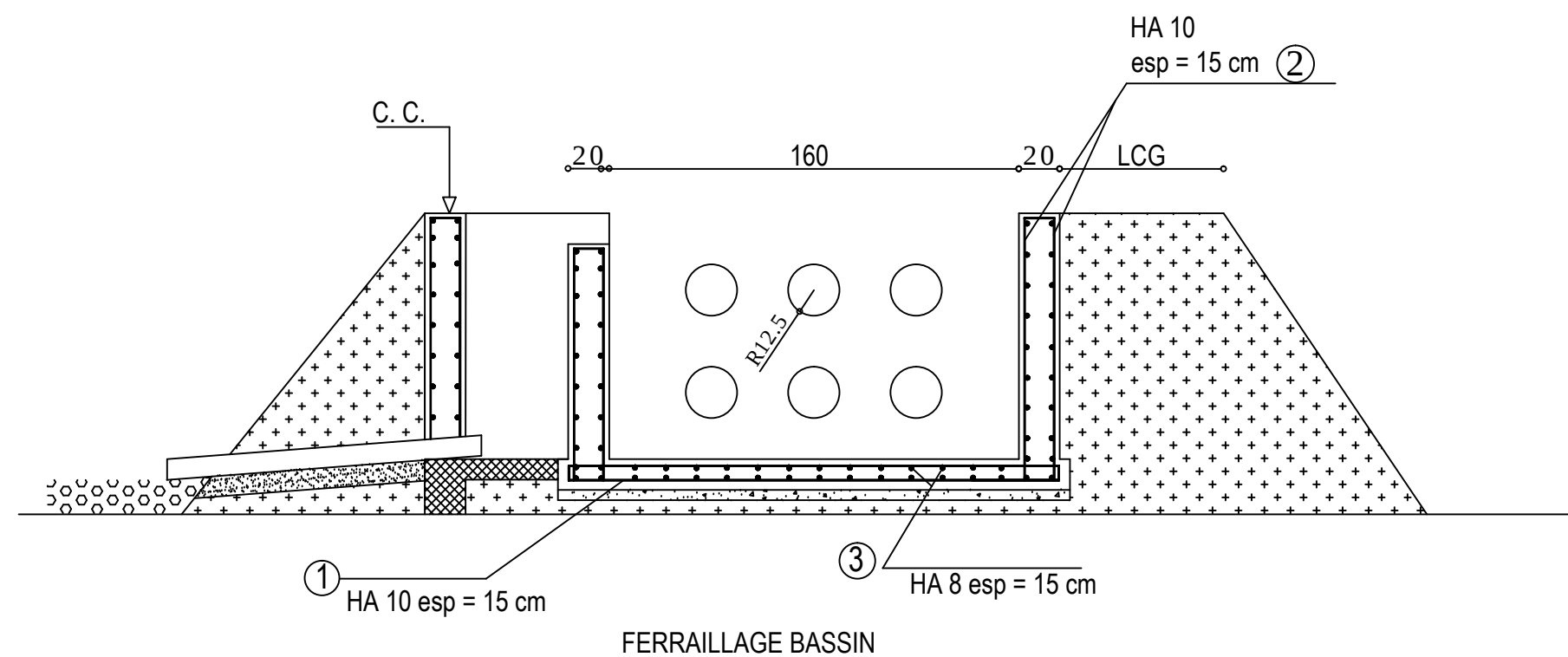


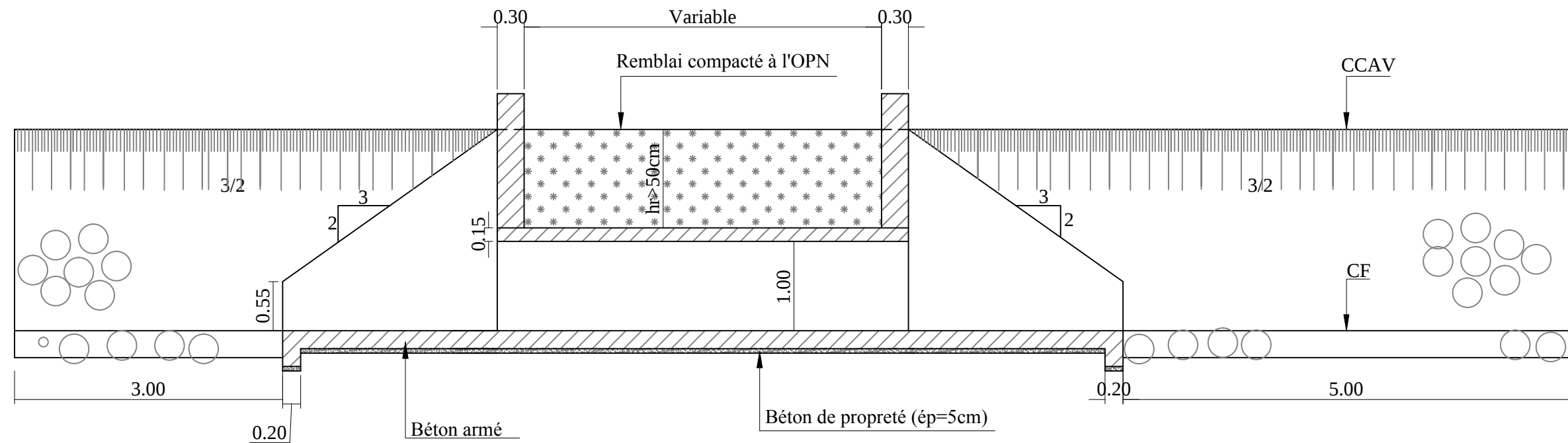


COUPE A-A

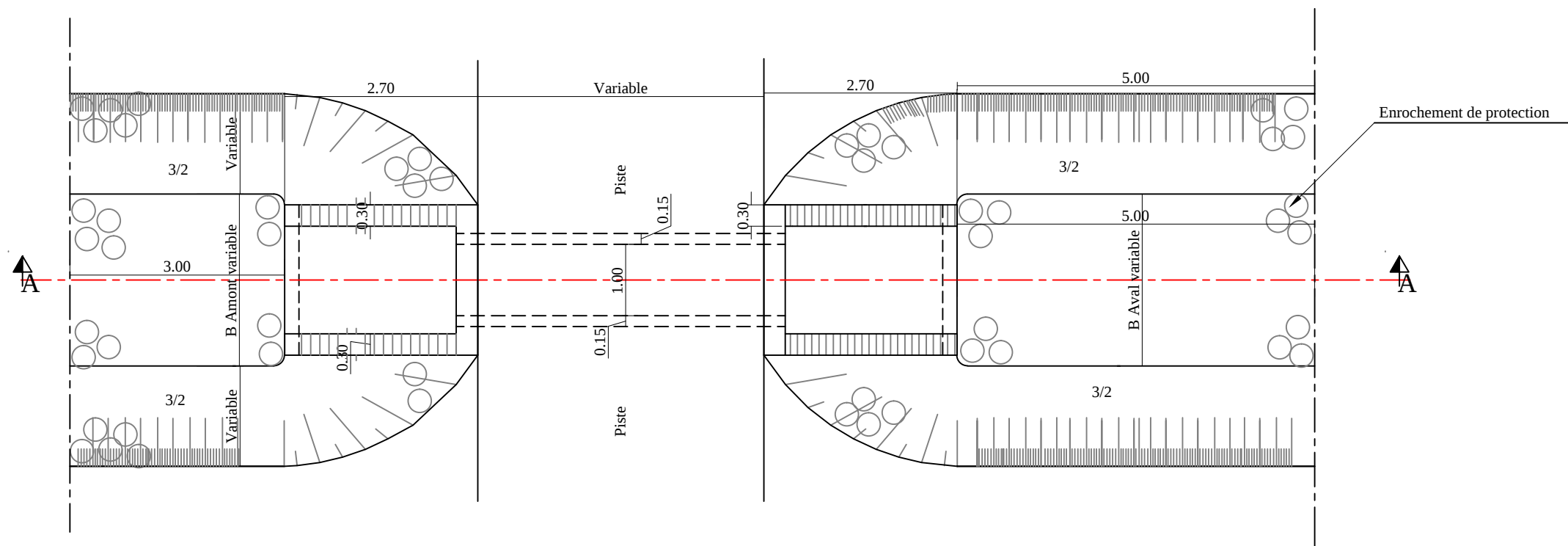


COUPE B-B

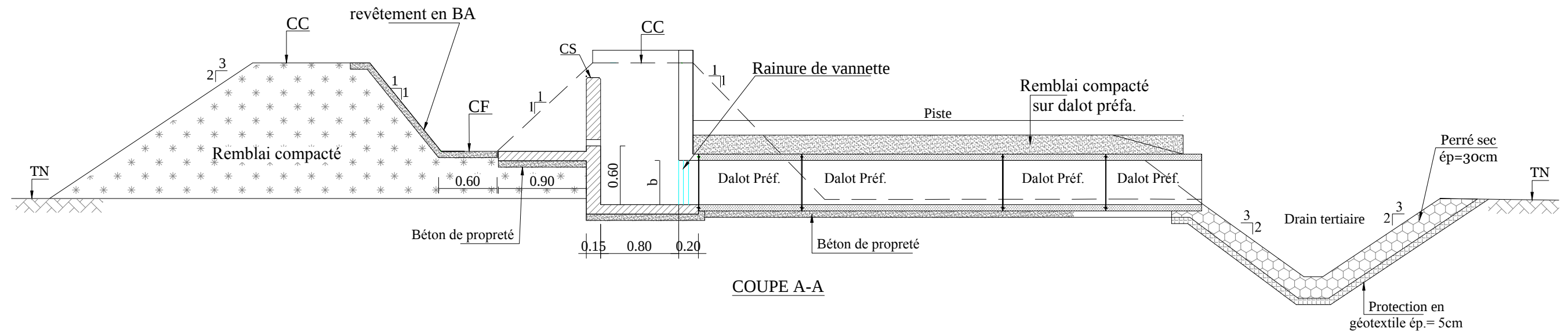
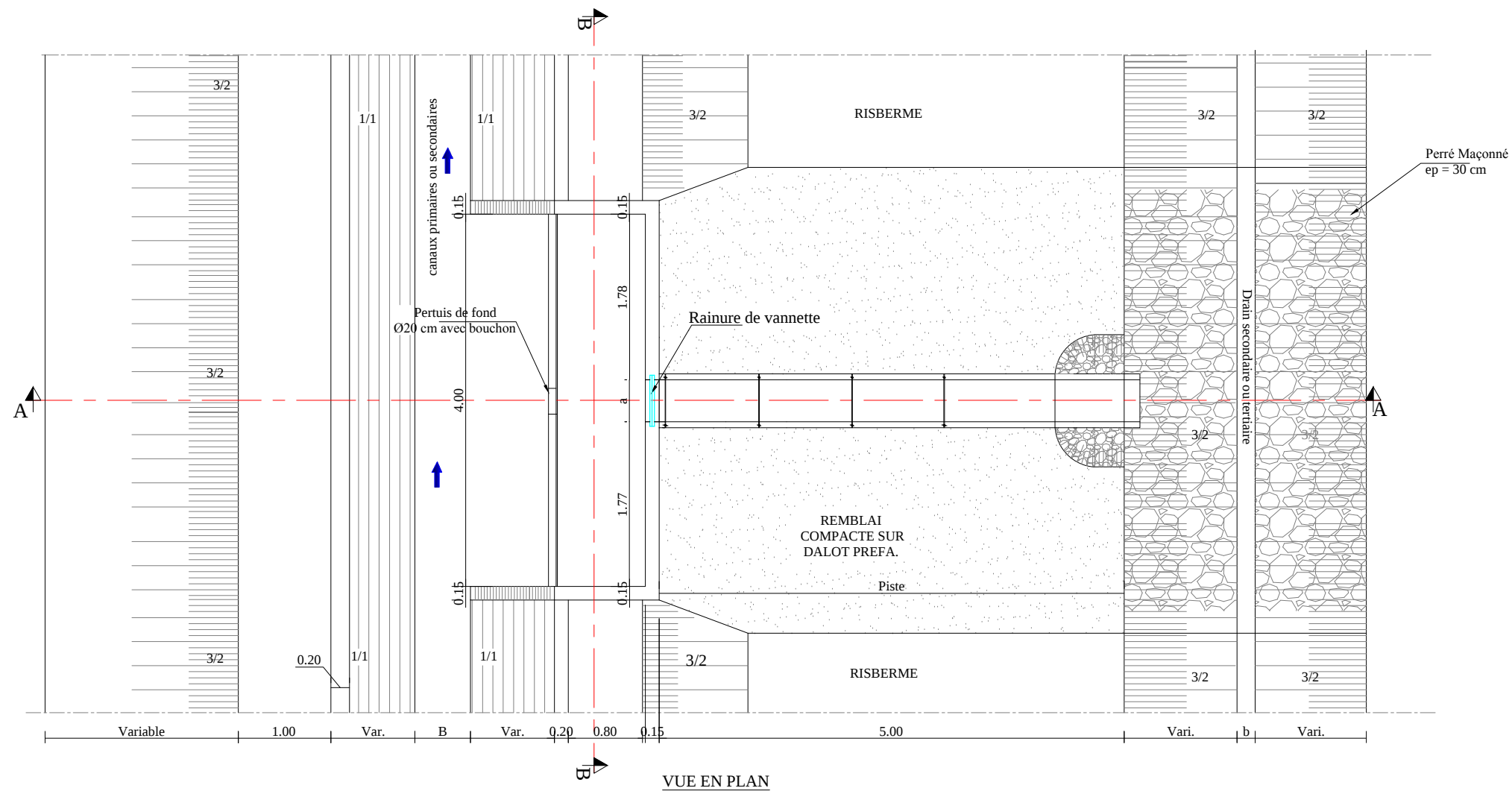


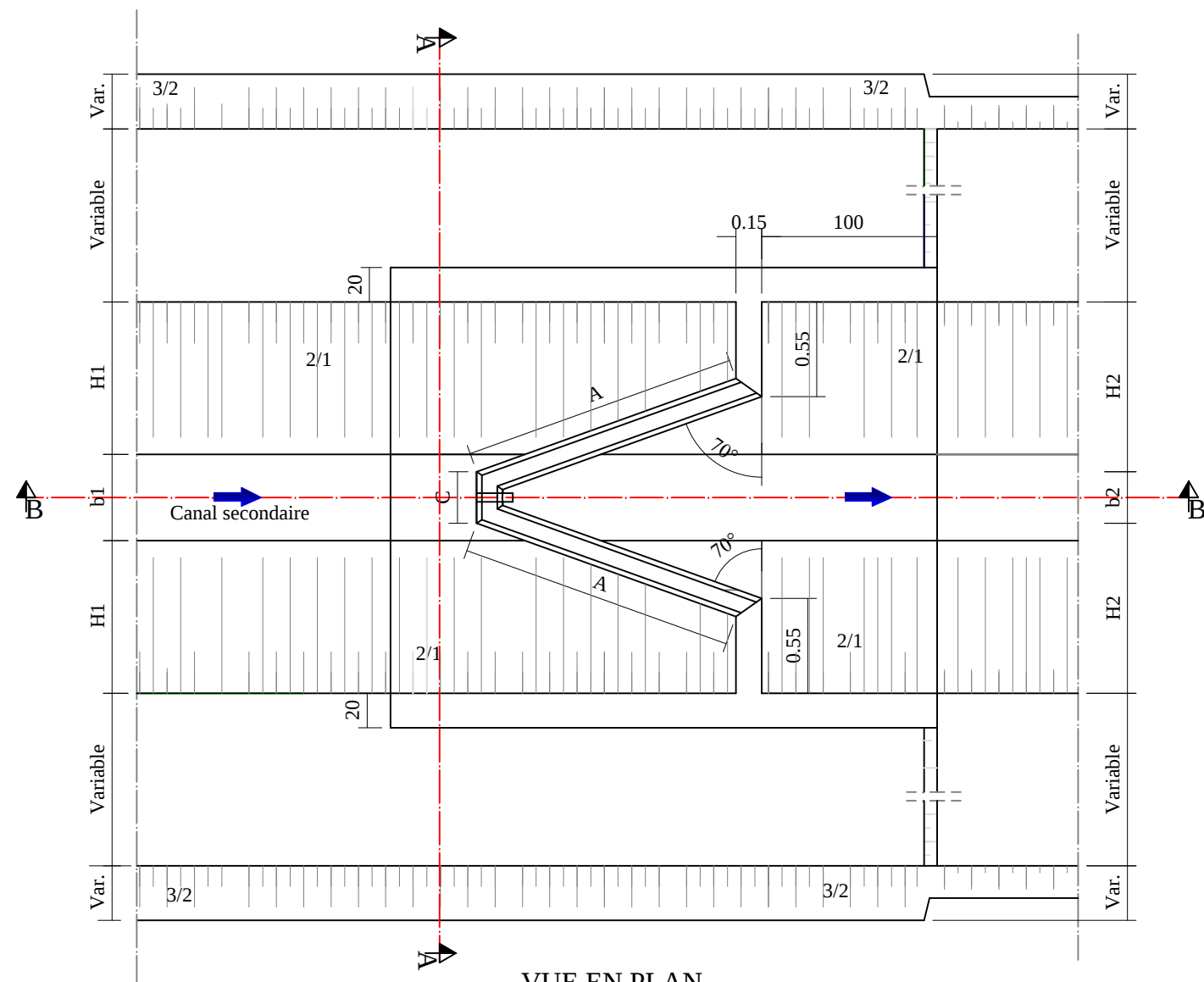


COUPE LONGITUDINALE

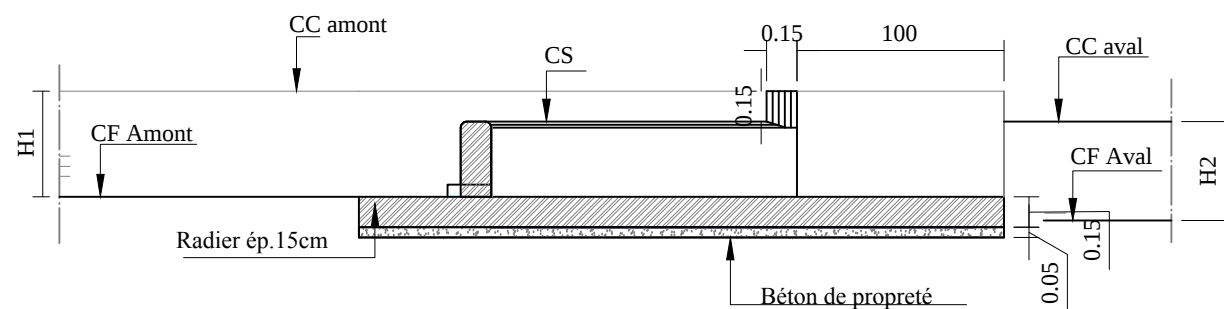


VUE EN PLAN

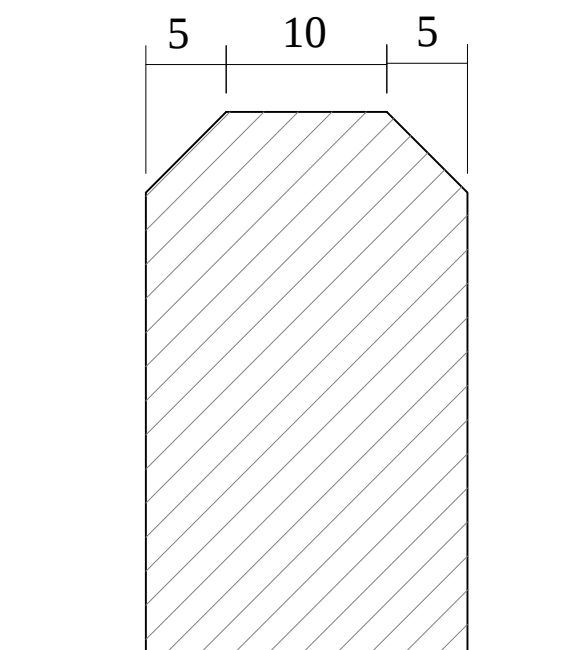
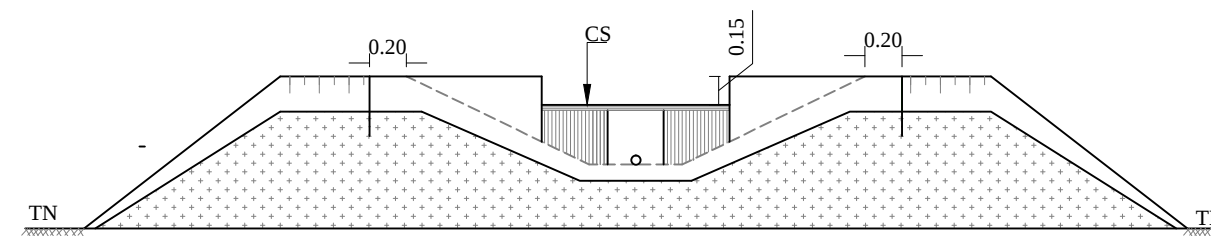




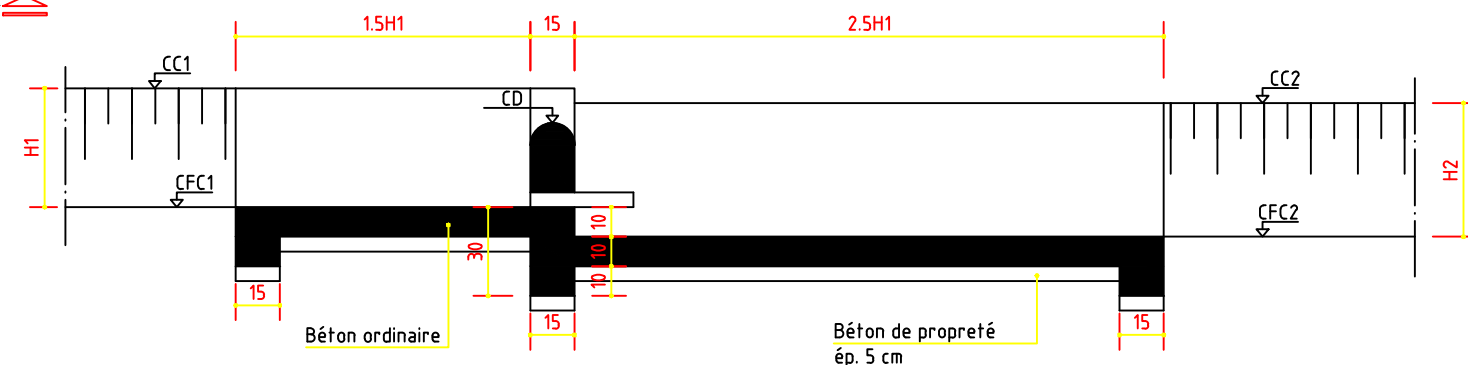
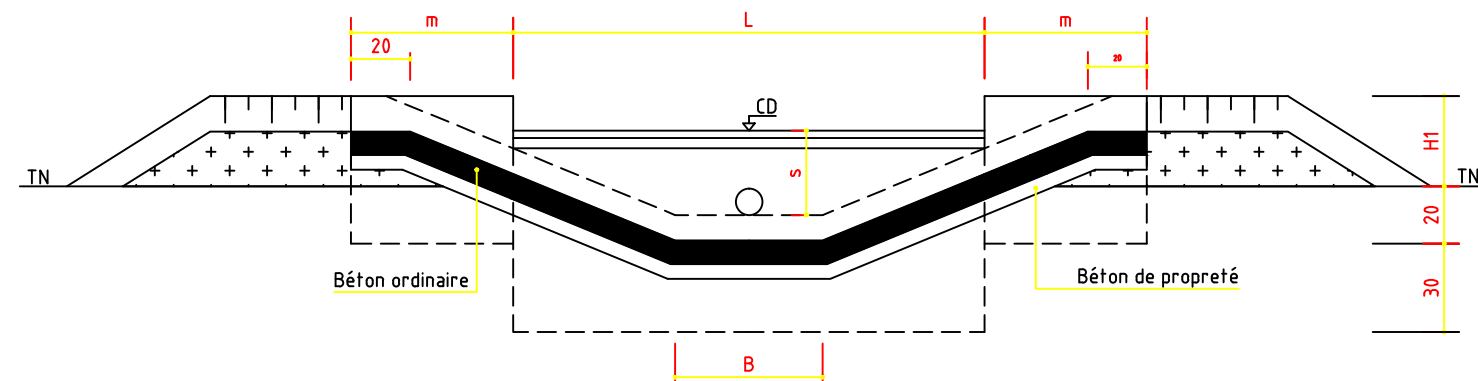
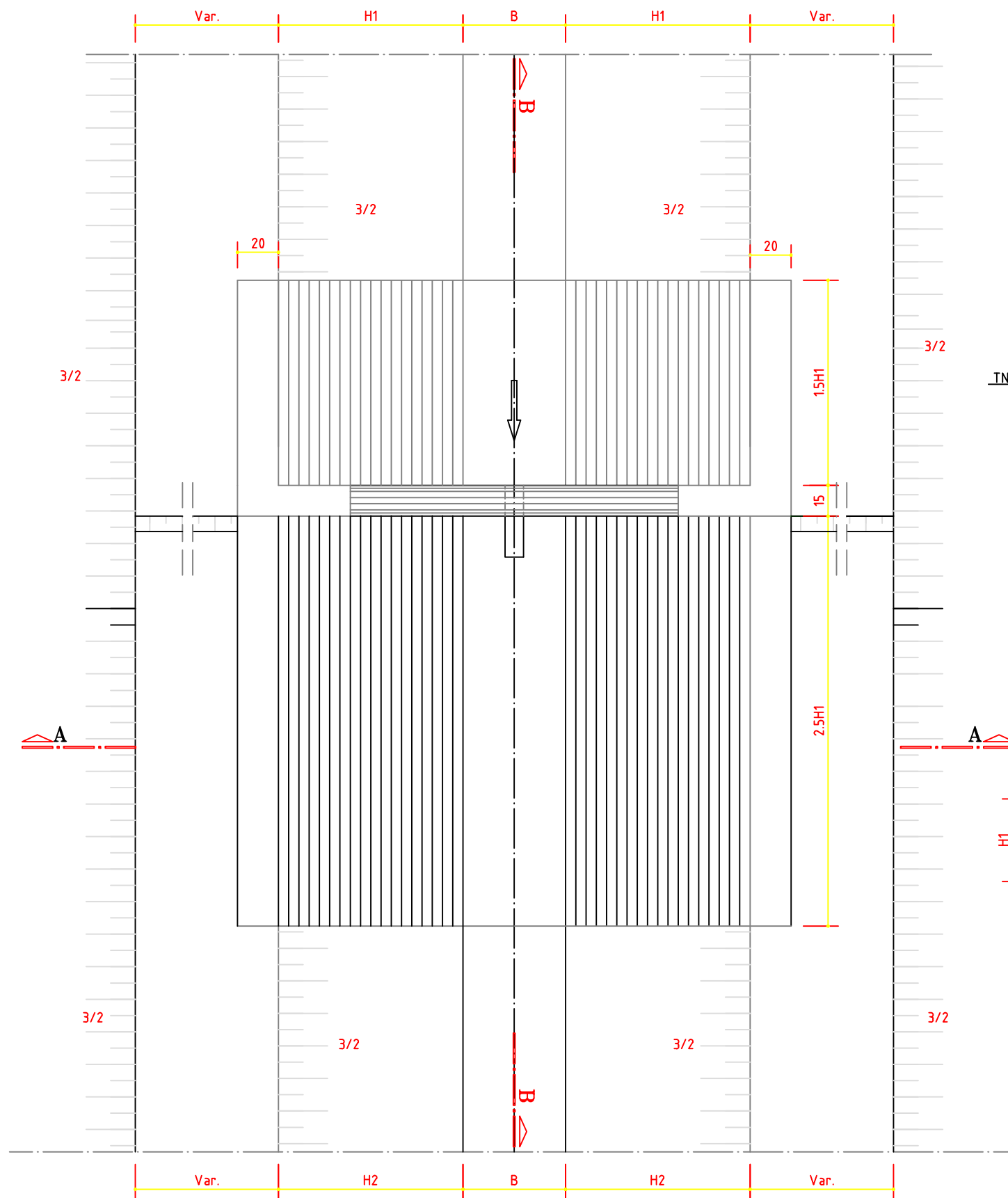
VUE EN PLAN

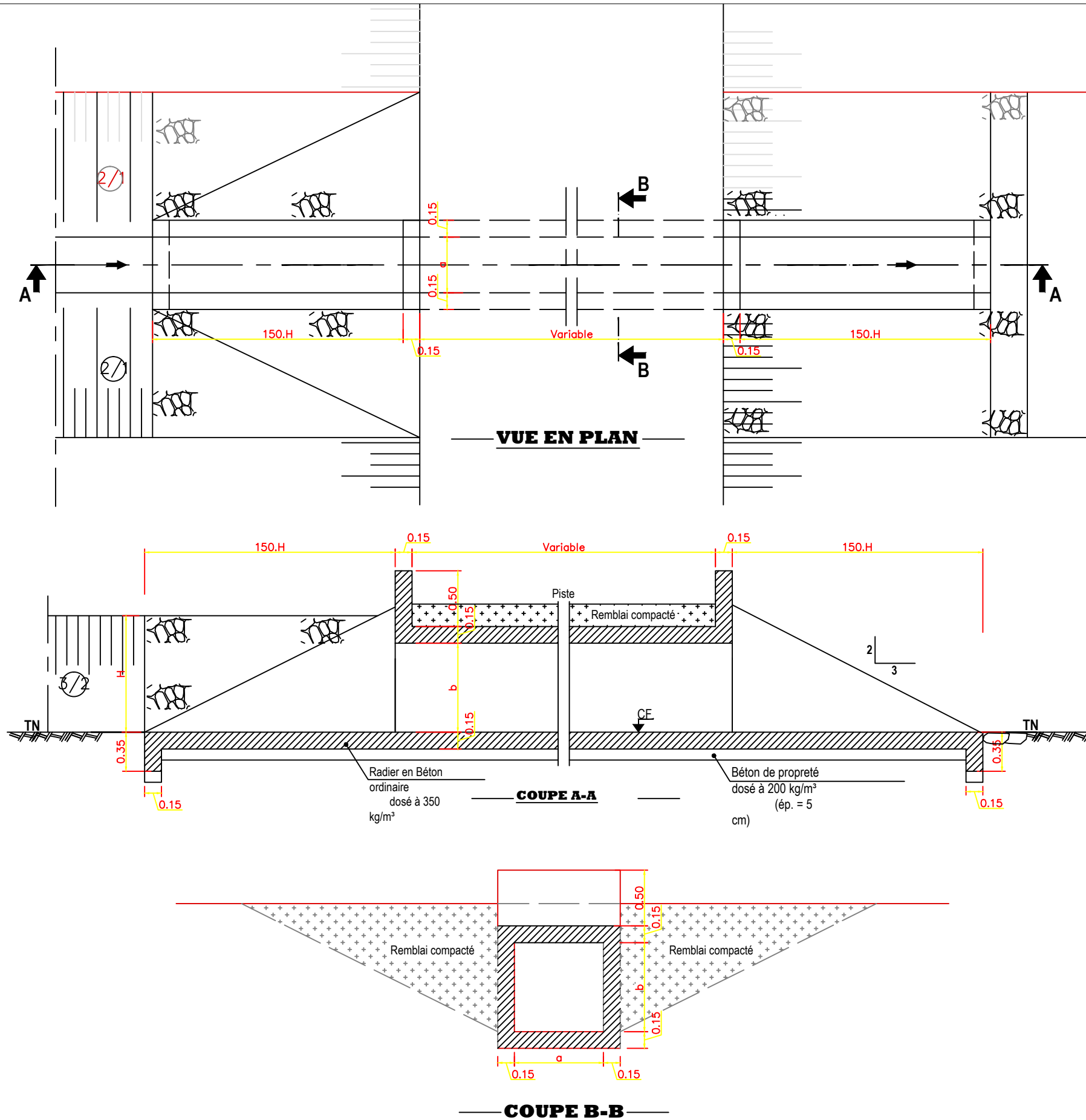


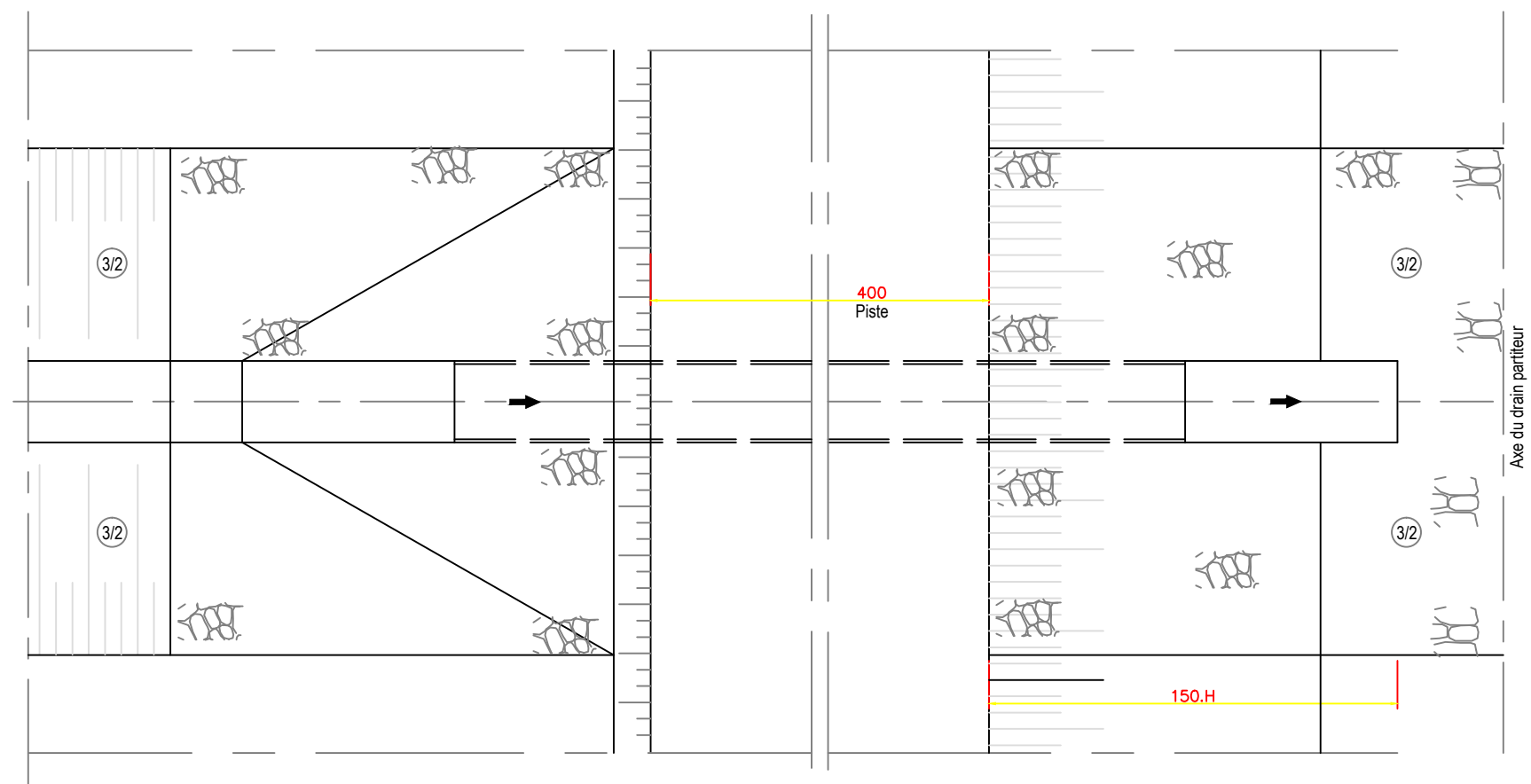
COUPE B-B



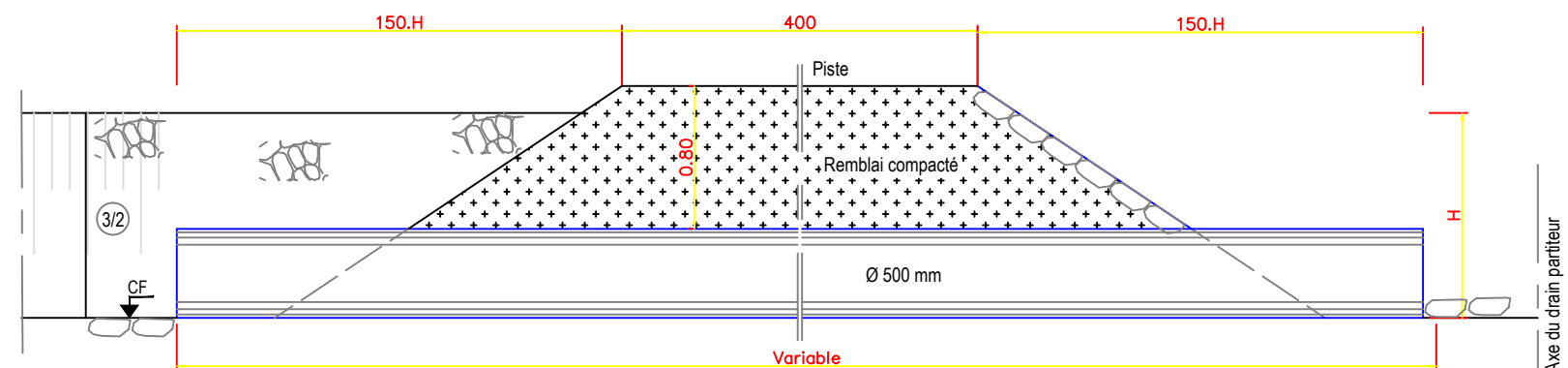
DETAIL DEVERSOIR
Ech: 1/20







VUE EN PLAN

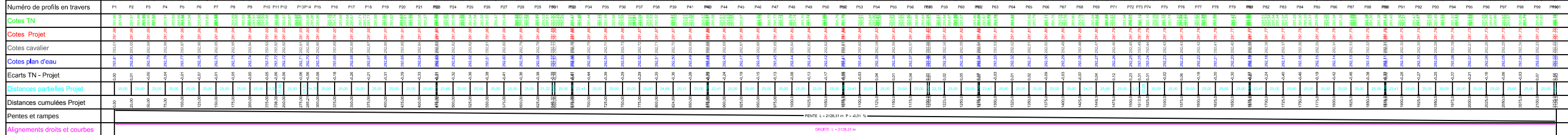


COUPE A-A

Profil n°: CS1

Echelle en Y : 1/200

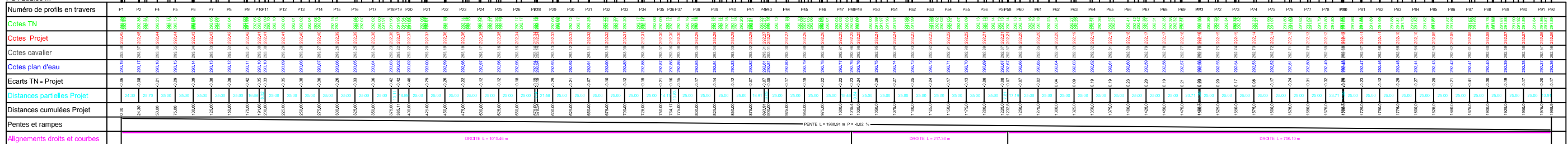
PC : 281.00 m



Profil n°: CS2

Echelle en Y : 1/200

PC : 281.00 m



Profil dessiné par Covadis

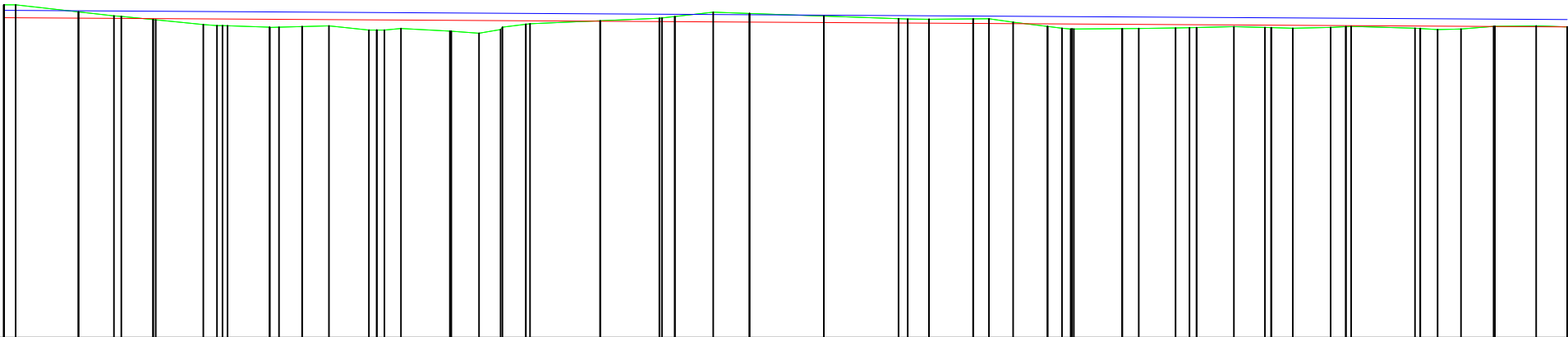


Profil n°: CT1-1

Echelle en X : 1/2000

Echelle en Y : 1/200

PC : 281.00 m



Numéro de profils en travers	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	P21	P22	P23																
Cotes TN	292.15 292.15	291.91 291.91	291.77 291.77	291.66 291.66	291.49 291.49	291.46 291.46	291.40 291.40	291.42 291.42	291.44 291.44	291.31 291.31	291.35 291.35	291.27 291.27	291.20 291.20	291.33 291.33	291.59 291.59	291.76 291.76	291.91 291.91	291.86 291.86	291.78 291.78	291.68 291.68	291.68 291.68	291.57 291.57	291.43 291.43	291.37 291.37	291.36 291.36	291.37 291.37	291.38 291.38	291.42 291.42	291.39 291.39	291.37 291.37	291.40 291.40	291.43 291.43	291.36 291.36	291.32 291.32	291.34 291.34	291.43 291.43	291.45 291.45	291.41 291.41	
Cotes Projet	291.72	291.71	291.69	291.68	291.66	291.65	291.63	291.62	291.60	291.59	291.57	291.56	291.54	291.54	291.53	291.51	291.50	291.48	291.47	291.45	291.44	291.42	291.41	291.39	291.38	291.37	291.36	291.35	291.34	291.33	291.32	291.31	291.30	291.29	291.28	291.27	291.26	291.25	
Cotes plan d'eau	291.97	291.96	291.94	291.93	291.91	291.90	291.88	291.87	291.85	291.84	291.82	291.81	291.79	291.79	291.78	291.76	291.75	291.73	291.72	291.70	291.69	291.67	291.66	291.65	291.64	291.63	291.62	291.61	291.60	291.59	291.58	291.57	291.56	291.55	291.54	291.53	291.52	291.51	291.50
Ecart TN - Projet	0.43	0.21	-0.03	-0.23	-0.24	-0.34	-0.37	-0.12	0.01	0.17	0.29	0.22	0.15	0.13	0.15	-0.09	-0.14	-0.10	-0.08	-0.03	-0.08	0.00	-0.00	-0.01	-0.02	-0.03	-0.04	-0.05	-0.06	-0.07	-0.08	-0.09	-0.10	-0.11	-0.12	-0.13	-0.14	-0.15	
Distances partielles Projet		25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	10.26	14.74	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	24.26																	
Distances cumulées Projet	0.00	25.00	50.00	75.00	100.00	125.00	150.00	175.00	200.00	225.00	250.00	275.00	300.00	310.26	325.00	350.00	375.00	400.00	425.00	450.00	475.00	500.00	524.26																
Pentes et rampes		PENTE L = 524.26 m P = -0.06 %																																					
Alignements droits et courbes		DROITE L = 310.26 m													DROITE L = 214.00 m																								