

**EXTENSION DU PERIMETRE IRRIGUE DE TIEKELESSO (519 ha)
DANS LA PLAINE DE SAN-OUEST, REPUBLIQUE DU MALI**

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

SPECIALITE : Génie Civil et Hydraulique

OPTION : Infrastructures et Réseaux Hydrauliques

Présenté et soutenu publiquement le 16 janvier 2019 par

Massourou COULIBALY (N° : 2012 0553)

Directeur de mémoire : M. Bassirou BOUBE, Enseignant en hydraulique à 2iE

**Maître de stage : M. Ahmed Ag MOHAMED ALI, Ingénieur senior du Génie Rural à
BETICO Mali**

Jury d'évaluation du stage :

Président : Pr Hamma YACOUBA

Membres et correcteurs : Dr. Ing. Chaim Vivien DOTO

M. Amadou SIMAL

M. Bassirou BOUBE

Promotion [2017/2018]

AVANT PROPOS

L'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE), dans sa mission de former des ingénieurs compétents dans le domaine de l'eau et de l'environnement, exige pour ses étudiants de master la réalisation d'un projet professionnel de fin de cycle intitulé mémoire. Ce mémoire permet à l'étudiant non seulement de mettre en pratique les connaissances théoriques déjà acquises mais aussi d'acquérir d'autres compétences pratiques en corrélation avec son profil de formation. En outre, il donne à l'étudiant l'opportunité de s'imprégner des aspects de la vie professionnelle.

C'est dans ce cadre, que j'ai eu à effectuer ce stage portant sur le thème « Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali » au Bureau d'Etudes Techniques et d'Ingénieurs Conseils (BETICO Sarl) sis à Bamako au Mali.

Le démarrage des aménagements de la plaine de San-Ouest a été lancé en 1976 sous l'égide de l'Office Riz de Ségou. L'aménagement et la valorisation agricole de la plaine se sont poursuivis sous l'égide de la CMDT (1982 à 2004) puis de l'ARPASO (Association des Riziculteurs des Plaines Aménagées de San Ouest) depuis 2004 à la suite du retrait de la CMDT. A l'heure actuelle, l'ARPASO est chargée de l'exploitation et de la maintenance d'une superficie équipée de 2 335 ha, dont 1 309 ha en maîtrise totale et 1 026 ha en submersion contrôlée.

Le présent projet se propose ainsi d'accroître la valorisation du potentiel irrigable de la plaine San-Ouest en procédant à l'étude du casier de Tiekelesso nord (1 200 ha) qui constitue une zone d'extension vers l'ouest des casiers actuels.

FICHE TECHNIQUE DU PROJET

Généralités	Titre du projet	Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du 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	5 987 480 611 F CFA HT
	Financement du projet	Lux DEV
Localisation du projet	Région	Ségou
	Cercle	San
	Commune	San
	Village	Tiekelesso
	Coordonnées géographiques (Latitude et Longitude)	4,9° de longitude Ouest ; 13,3° de latitude Nord.
Périmètre	Superficie nette du périmètre (ha)	519
	Périmètre (ml)	Réseau d'irrigation (36 749) ; Réseau de drainage (45 725).
	Nombre de blocs d'irrigation	1
	Superficie parcellaire (ha)	1
	Taille des quartiers hydrauliques (ha)	5,5 à 10
	Nombre de quartiers hydrauliques	63
	Spéculations	Riz, maïs, sorgho, tomate, oignon et piment
	Gestion du périmètre	ARPASO
	Exploitants	3607 répartis entre 285 UPA

DEDICACES

Je dédie ce mémoire à ma famille.

REMERCIEMENTS

Avant tout, j'aimerais exprimer ma profonde gratitude aux différents acteurs qui ont contribué à l'élaboration de ce document.

Mes remerciements vont à l'endroit de :

- ✓ la Direction Générale de 2iE et tout le corps professoral pour la qualité de la formation enseignée ;
- ✓ M Bassirou BOUBE, mon Directeur de mémoire, pour sa disponibilité et son implication dans ce travail ;
- ✓ la Direction Générale de BETICO Mali pour la chance qu'elle m'a accordée d'effectuer ce travail dans un environnement propice ;
- ✓ M Ahmed Ag MOHAMED ALI, mon maître de stage, pour tout son dévouement et son attention durant ce travail.

Je remercie également :

- ✓ la DAAD pour le financement de mon cycle master ;
- ✓ mes collègues de la promotion 2017-2018 pour les discussions combien importantes pour la conduite de ce travail ;
- ✓ tout le personnel BETICO pour son appui durant ce travail.

Je remercie particulièrement mes parents pour leur détermination et leur dévouement pour la cause de leurs enfants. Qu'ils trouvent ici l'expression de toute ma profonde gratitude et ma reconnaissance.

Aussi, mes remerciements vont à l'endroit de tous ceux qui ont contribué d'une manière directe ou indirecte à la réussite de ce travail. Qu'ils ne pensent pas à un oubli de ma part mais plutôt à une amitié naissante.

RESUME

Dans le cadre du troisième programme indicatif de coopération bilatérale mis en œuvre par le Gouvernement du Mali avec l'appui de la coopération Luxembourgeoise de 2015 à 2019, l'Etat Malien a initié un projet d'extension du casier de Tiekelesso.

Cependant, seule une tranche de 519 ha nets a fait l'objet d'études techniques détaillées dans le cadre du présent projet.

Le réseau projeté sous irrigation gravitaire comprendra : une station de pompage équipée de quatre électropompes identiques (0,54 m³/s), alimentant un réseau d'irrigation composé d'une tête morte de 1546,4 ml, d'un canal adducteur de 4439,69 ml, d'un canal primaire de 1378,51 ml desservant 8 canaux secondaires sur un linéaire total de 10508,86 ml, les secondaires desservent à leur tour 62 canaux tertiaires de 20431,13 ml avec un débit d'équipement (Q_e) de 2,90 l/s/ha.

Le réseau de drainage sera constitué de 63 drains tertiaires de 26640,48 ml implantés en limite des quartiers hydrauliques pour le drainage des parcelles, de 8 drains secondaires de 9780,30 ml positionnés de manière à collecter les eaux conduites par les drains tertiaires, un drain primaire de 3399,23 ml servant d'exutoire aux drains secondaires et un drain collecteur de 5905,03 ml qui se jette dans un collecteur existant.

Deux digues calées à la côte 274,50 m protègent le périmètre contre les eaux provenant de l'extérieur. Les pistes de desserte du périmètre sont accolées aux cavaliers des canaux primaires et des drains primaires et secondaires (sur un linéaire d'environ 22912 m).

Les canaux sont équipés des ouvrages de régulation de plan d'eau et de prélèvement de débit (vannes AVIS, modules à masques etc.).

Les spéculations à pratiquer sur ce nouveau périmètre sont la riziculture et la polyculture céréalière et maraichère.

Le coût de l'aménagement à l'hectare s'élève à 11 514 386 FCFA HT.

Mots clés :

- 1- Tiekelesso**
- 2- Extension du périmètre irrigué**
- 3- Irrigation gravitaire**
- 4- Riziculture**
- 5- Polyculture**

ABSTRACT

As part of the third Indicative Program of Bilateral Cooperation implemented by the Government of Mali with the support of the Luxemburg Cooperation of 2015 to 2019, the Malian State initiated an extension project of Tiekelesso's locker.

However, only 519 hectares have been the subject of detailed technical studies for this project. The proposed network under gravity irrigation will include: a pumping station located equipped with four "Flygt" identical electric pumps (0,54 m³/s), feeding an irrigation network consisting of a dead head of 1546,4 ml, of an adducting channel of 4439,69 ml, a primary channel of 1378,51 ml serving 8 secondary channels on a total linear of 10508,86 ml, the secondary serve in their turn 62 tertiary channels of 20431,13 ml with an equipment flow (Q_e) of 2,90 l/s/ha. The drainage network is consisting of 63 tertiary drains of 26640,48 ml located at the edge of the hydraulic quarters for the drainage of plots, 8 secondary drains of 9780,30 ml positioned to collect the water carried by the tertiary drains, a primary drain of 3399,23 ml serving as an outlet for secondary drains and a 5905,03 ml collector drain that flows into another existing collector.

Two dykes stall at 274,50 m protect the perimeter against possible flooding due to the river and water coming from the outside.

The perimeter service tracks are contiguous with the riders of the primary canals and the primary and secondary drains.

The canals are equipped with water regulation and flow sampling structures (AVIS valves, masks modules etc.).

The speculations to be practiced on this new perimeter are the rice cultivation and the mixed cropping and market gardening.

The cost of the project per hectare is 11 514 386 FCFA HT.

Keywords :

- 1- Tiekelesso**
- 2- Extension of the irrigated perimeter**
- 3- Gravity irrigation**
- 4- Rice farming**
- 5- Mixed cropping**

LISTE DES ABREVIATIONS

2iE	: Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement
AHT	: Bureau d'études Allemand
APD	: Avant-Projet Détaillé
APEJ	: Agence pour la Promotion de l'Emploi des Jeunes
APROFEM	: Association pour la Promotion de la Femme et de l'Enfant au Mali
APS	: Avant-Projet Sommaire
ARPASO	: Association des Riziculteurs de la Plaine Aménagée de San Ouest
BETICO Mali	: Bureau d'Etudes Techniques et d'Ingénieurs Conseils Mali
CMDT	: Compagnie Malienne pour le Développement du Textile
CRRA	: Centre Régionale de Recherche Agronomique
DAAD	: German Academic Exchange Service
DAO	: Dossier d'Appel d'Offres
FAO	: Food and Agriculture Organisation
GPS	: Global Positioning System
IGM	Institut Géographique du Mali
IGN	: Institut Géographique National
Lux Dev	: Agence Luxembourgeoise pour la Coopération au Développement
MLI	: Mali
ODHD	: Observatoire du Développement Humain Durable
OMB	: Office du Moyen Bani
ONG	: Organisation Non-Gouvernementale
OPN	: Optimum Proctor Normal
SOGETHA	: Société Générale des Techniques Hydro-Agricoles
UPA	: Unité de Production Agricole
UTM	: Universal Transverse Mercator
WGS84	: World Geodetic System (système géodésique mondial) révision de 1984

SOMMAIRE

AVANT PROPOS.....	i
FICHE TECHNIQUE DU PROJET	ii
DEDICACES	iii
REMERCIEMENTS	iv
RESUME.....	v
ABSTRACT	vi
LISTE DES ABREVIATIONS	vii
SOMMAIRE	1
LISTE DES TABLEAUX.....	3
LISTE DES FIGURES	6
1. INTRODUCTION	8
1.1. Objectifs de l'étude	8
2. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL ET DE LA ZONE D'ETUDE... 9	
2.1. Présentation de BETICO.....	9
2.2. Présentation de la zone d'étude.....	9
3. PRESENTATION DU PROJET.....	13
3.1. Contexte et justification	13
3.2. Données de base :.....	14
4. METHODOLOGIE DE CONCEPTION	15
4.1. Collecte des données :.....	15
4.2. Approche méthodologique de l'élaboration des études	17
4.3. Etude hydrologique du fleuve Bani :	17
4.4. Etude d'aménagement hydro agricole	18
4.5. Matériels utilisés :.....	27
5. RESULTATS ET DISCUSSION	28
5.1. Revue de l'avant-projet sommaire	28
5.2. Synthèse des résultats des investigations de base :.....	28
5.3. Résultats de l'étude d'aménagement hydro-agricole.....	32
5.4. Etude des coûts du projet	54

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

5.5. Etude d'impact environnemental et social	56
6. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS	58
BIBLIOGRAPHIE	60
ANNEXES	61

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Variation de l'évapotranspiration (ET ₀) de la zone	11
Tableau 2: Données physiques du sol dans la plaine de San-Ouest.....	11
Tableau 3 : Formules du calcul des besoins en eau et des paramètres d'irrigation.....	18
Tableau 4 : Valeurs fréquentielles des débits moyens annuels (en m ³ /s) du Bani	31
Tableau 5 : Durée du cycle des cultures.....	33
Tableau 6 : Synthèse du calcul des besoins en eau	35
Tableau 7 : Paramètres d'irrigation.....	35
Tableau 8 : Dédits d'équipements des canaux	36
Tableau 9 : Débits de dimensionnement des drains	40
Tableau 10 : Récapitulatif du dimensionnement et du calage des canaux	41
Tableau 11 : Récapitulatif du dimensionnement et du calage des drains	41
Tableau 12 : Caractéristiques du revêtement des canaux.....	42
Tableau 13 : Caractéristiques des Vannes AVIS pour les prises des canaux primaires.....	44
Tableau 14 : Récapitulatif des modules à masques pour les prises secondaires et tertiaires ...	44
Tableau 15 : Caractéristiques des vannes plates à crémaillères	45
Tableau 16 : Caractéristiques des ouvrages de régulations sur les canaux secondaires	46
Tableau 17 : Caractéristiques des déversoirs de sécurité	47
Tableau 18 : Caractéristiques des débouchés des drains.....	47
Tableau 19 : Caractéristiques des ouvrages de franchissement	48
Tableau 20 : Résumé des quantités d'aciers du dalot (pertes d'acier incluses).....	48
Tableau 21 : Caractéristiques des digues de protection	50
Tableau 22 : Caractéristiques des pompes	51
Tableau 23: Récapitulatif des coûts du projet	55
Tableau 24 : Pluviométrie à la station de San sur la période de 1960 à 2017	62
Tableau 25 : Hauteurs d'eau caractéristiques du Bani à Beneny Kegny (1970-2017)	63
Tableau 26 : Débits moyens du Bani sur la période de 1970 à 2016	64
Tableau 27 : Liste des bornes implantées.....	65
Tableau 28 : Bornes et échelle de rattachement altimétrique au NGM	66
Tableau 29 : caractéristiques des terrains d'assises des fondations des ouvrages	71
Tableau 30 : Tableau récapitulatif de capacité d'exploitation des matériaux argileux	71
Tableau 31 : Tableau récapitulatif de capacité d'exploitation des graveleux latéritiques	72
Tableau 32 : Composition pour 1 m ³ de béton frais :.....	72
Tableau 33 : Principaux groupes de sols des sites.	73

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

Tableau 34 : Aptitudes des unités de sols	74
Tableau 35 : Répartition des superficies par spéculation pour la zone d'APD.....	75
Tableau 36 : Valeurs de l'infiltration des sols.....	77
Tableau 37 : Débits moyens mensuels en m ³ /s à différentes périodes de retour du Bani	79
Tableau 38 : Valeurs fréquentielles des hauteurs d'eau maximales et minimales du Bani	81
Tableau 39 : Débits décennaux moyens du Bani à Douna sur la période 1952-2004.....	82
Tableau 40 : Les besoins en eau des cultures	85
Tableau 41 : Caractéristiques des canaux tertiaires	88
Tableau 42 : Calage et dimensionnement du canal secondaire CS1G	89
Tableau 43 : Calage et dimensionnement du canal secondaire CS2G	91
Tableau 44 : Calage et dimensionnement du canal secondaire CS3G	93
Tableau 45 : Calage et dimensionnement du canal secondaire CS1.1D	95
Tableau 46 : Calage et dimensionnement du canal secondaire CS1.2D	97
Tableau 47 : Calage et dimensionnement du canal secondaire CS1.3D	99
Tableau 48 : Calage et dimensionnement du sous canal secondaire S/CS1.4G.....	101
Tableau 49 : Calage et dimensionnement du canal secondaire CS1.4D	103
Tableau 50 : Calage et dimensionnement du canal primaire CP1.....	105
Tableau 51 : Calage et dimensionnement du canal adducteur CA.....	107
Tableau 52 : Calage et dimensionnement de la tête morte TM.....	109
Tableau 53 : Caractéristiques du canal adducteur simulé (bief 1)	112
Tableau 54 : Caractéristiques du canal adducteur simulé (bief 2)	114
Tableau 55 : Caractéristiques des drains tertiaires	117
Tableau 56: Calage et dimensionnement du drain secondaire DS1L.....	118
Tableau 57 : Calage et dimensionnement du drain secondaire DS2D	120
Tableau 58: Calage et dimensionnement du drain secondaire DS1.1G	122
Tableau 59: Calage et dimensionnement du drain secondaire DS1.2G	124
Tableau 60: Calage et dimensionnement du drain secondaire DS1.3G	126
Tableau 61: Calage et dimensionnement du drain secondaire DS1.4G	128
Tableau 62: Calage et dimensionnement du drain secondaire DS1.5G	130
Tableau 63: Calage et dimensionnement du drain secondaire DS1.6G	132
Tableau 64: Calage et dimensionnement du drain primaire DP1.....	134
Tableau 65: Calage et dimensionnement du drain collecteur DC	136
Tableau 66 : Dimensions des vannes AVIS (56/106 à 90/190)	140
Tableau 67 : Marnage et pertes de charges des modules à masques.....	141

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

Tableau 68 : Côtes d'installation des modules.....	143
Tableau 69 : Dimensions des modules à masques	144
Tableau 70 : Côtes de calages des ouvrages de prises tertiaires du canal secondaire CS1G .	145
Tableau 71 : Côtes de calages des ouvrages de prises tertiaires du canal secondaire CS2G .	145
Tableau 72 : Côtes de calages des ouvrages de prises tertiaires du CS3G.....	146
Tableau 73 : Côtes de calages des ouvrages de prises tertiaires du CS1.1D.....	146
Tableau 74 : Côtes de calages des ouvrages de prises tertiaires du CS1.2D.....	147
Tableau 75 : Côtes de calages des ouvrages de prises tertiaires du CS1.3D.....	147
Tableau 76 : Côtes de calages des ouvrages de prises tertiaires du S/CS1.4G	148
Tableau 77 : Côtes de calages des ouvrages de prises tertiaires du CS1.4D.....	148
Tableau 78 : Côtes de calages des ouvrages de prises tertiaires et secondaires du CP1	149
Tableau 79 : Côtes de calages des ouvrages de prises tertiaires et secondaires du CA	149
Tableau 80 : Armatures de la section du dalot (tablier, radier et piédroits).....	152
Tableau 81 : Calendrier d'irrigation.....	156
Tableau 82 : Caractéristiques requises du transformateur électrique.....	161
Tableau 83 : Caractéristiques requises du groupe électrogène de secours.....	161
Tableau 84: Compte d'exploitation du riz hivernage.....	162
Tableau 85 : Compte d'exploitation du riz de contre saison	162
Tableau 86 : Compte d'exploitation du sorgho d'hivernage	163
Tableau 87 : Compte d'exploitation du sorgho de contre saison.....	163
Tableau 88 : Compte d'exploitation du maïs d'hivernage	164
Tableau 89: Compte d'exploitation du maïs contre saison	164
Tableau 90 : Compte d'exploitation du piment	165
Tableau 91 : Compte d'exploitation de l'oignon.....	165
Tableau 92 : Compte d'exploitation de la Tomate	165
Tableau 93: Bilan des impacts et des mesures environnementales et sociales	167
Tableau 94: Dévis quantitatif et estimatif du projet.....	178
Tableau 95 : Liste des plans	185

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation de la plaine San Ouest au niveau régional	10
Figure 2 : Délimitation du périmètre de Tiekelesso	10
Figure 3 : Images prises lors de l'étude topographique	16
Figure 4 : Images prises lors de l'étude géotechnique	16
Figure 5 : schéma de fonctionnement d'un bassin de dissipation	23
Figure 6 : Modèle Numérique de Terrain (MNT) du casier de Tiekelesso	29
Figure 7 : Plan de situation du fleuve Bani	30
Figure 8 : Variation des débits moyens mensuels du Bani	31
Figure 9 : Plan cultural du périmètre.....	33
Figure 10 : Comparaison des débits pour la phase d'APD	37
Figure 11 : Comparaison des débits pour l'extension du casier de Tiekelesso.....	37
Figure 12 : Tracé des canaux (primaires et secondaires) et drains primaires	39
Figure 13 : Côtes de calage du CP1 (PM 0 à 800)	40
Figure 14 : Côtes de calage du DP1	41
Figure 15 : Canal en régulation par l'aval	45
Figure 16 : Canal en régulation par l'amont	46
Figure 17 : Résultats de l'étude de stabilité des talus des digues de protection.....	50
Figure 18 : Courbes caractéristiques des pompes	52
Figure 19 : Répartition des coûts.....	55
Figure 20 : Coupe des sondages des terrains d'assise des fondations de la SP.....	69
Figure 21 : Coupe des sondages de la tête morte	69
Figure 22 : Coupe des sondages du canal primaire CP1	70
Figure 23 : Coupe des sondages du canal secondaire CS1.1D.....	70
Figure 24 : Cartographie des points de mesures d'infiltration.....	76
Figure 25 : Courbes d'infiltration des sols	78
Figure 26 : Ajustement des débits moyens annuels suivant la loi de GAUSS.....	79
Figure 27 : Ajustement des hauteurs d'eau annuelles maximales suivant la loi de GUMBEL	80
Figure 28 : Ajustement des hauteurs d'eau annuelles minimales suivant la loi de GUMBEL	80
Figure 29 : Hydrogrammes des débits restitués en aval du seuil de Talo en année moyenne .	82
Figure 30: Hydrogramme résultant de la gestion du seuil de Djenné	83
Figure 31 : Impact du seuil de Djenné sur le Bani	84
Figure 32 : Evolution ligne d'eau CS1G et contraintes hydrauliques des canaux tertiaires	90
Figure 33 : Evolution ligne d'eau CS2G et contraintes hydrauliques des canaux tertiaires	92

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

Figure 34 : Evolution ligne d'eau CS3G et contraintes hydrauliques des canaux tertiaires	94
Figure 35 : Evolution ligne d'eau CS1.1D et contraintes hydrauliques des canaux tertiaires .	96
Figure 36 : Evolution ligne d'eau CS1.2D et contraintes hydrauliques des canaux tertiaires .	98
Figure 37 : Evolution ligne d'eau CS1.3D et contraintes hydrauliques des canaux tertiaires	100
Figure 38 : Evolution ligne d'eau S/CS1.4G et contraintes hydrauliques des CT	102
Figure 39 : Evolution ligne d'eau CS1.4D et contraintes hydrauliques des CT	104
Figure 40 : Evolution ligne d'eau CP1 et contraintes hydrauliques des CS et CT	106
Figure 41 : Evolution ligne d'eau CA et contraintes hydrauliques des CT/CS/CP.....	108
Figure 42 : Evolution ligne d'eau TM et contrainte hydraulique du canal adducteur	110
Figure 43 : Evolution de la ligne d'eau du canal adducteur simulé (bief 1)	113
Figure 44 : Evolution de la ligne d'eau du canal adducteur simulé (bief 2)	115
Figure 45 : Evolution côte fond débouché drains tertiaires et côte fond du DS1L.....	119
Figure 46: Evolution côte fond débouché drains tertiaires et côte fond du DS2D.....	121
Figure 47: Evolution côte fond débouché drains tertiaires et côte fond du DS1.1G.....	123
Figure 48: Evolution côte fond débouché drains tertiaires et côte fond du DS1.2G.....	125
Figure 49: Evolution côte fond débouché drains tertiaires et côte fond du DS1.3G.....	127
Figure 50: Evolution côte fond débouché drains tertiaires et côte fond du DS1.4G.....	129
Figure 51: Evolution côte fond débouché drains tertiaires et côte fond du DS1.5G.....	131
Figure 52: Evolution côte fond débouché drains tertiaires et côte fond du DS1.6G.....	133
Figure 53: Evolution côte fond débouché DS, DT et côte fond du DP1	135
Figure 54: Evolution côte fond débouché DP, DS, DT et côte fond du DC	137
Figure 55 : Différents niveaux d'eau lors du fonctionnement des vannes AVIS.....	138
Figure 56 : Diagramme des pertes de charges des vannes AVIS	138
Figure 57 : Sélection des vannes AVIS pour la prise du canal adducteur	139
Figure 58 : Installation des vannes AVIS (56/106 à 90/190).....	139
Figure 59 : Courbe de fonctionnement des modules à 1 masque.....	142
Figure 60 : Courbe de fonctionnement des modules à 2 masques	142
Figure 61 : Schéma d'installation du module.....	143
Figure 62 : Schéma de fonctionnement des modules	144
Figure 63 : Géométrie du dalot de franchissement sur canaux ou drains primaires	150
Figure 64 : Schéma de la surcharge routière du sous-système Bc	155
Figure 65 : Planning d'exécution des travaux	176

1. INTRODUCTION

Le Mali est un pays sahélien à vocation agro-sylvo-pastorale, caractérisé par des pluies de plus en plus irrégulières d'année en année. L'activité principale de la population demeure l'agriculture qui occupe 80% de la population active du pays. Contribuant pour 45% au PIB, sa part dans les recettes d'exportation est d'environ 60% (coton et bétail surtout) (Commissariat à la sécurité alimentaire, 2009).

Cependant, l'expansion démographique et l'évolution du régime alimentaire (consommation accrue de protéine animale) ont entraîné des besoins en production végétale plus importante et une extension des surfaces irriguées.

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).

Avec l'appui de la coopération Luxembourgeoise, le Mali a initié un projet d'aménagement hydro-agricole portant sur l'extension des superficies irriguées dans la plaine de San-ouest, plus précisément sur la partie nord du casier de Tiekelesso.

Le présent document est le résultat des études d'avant-projet détaillé de l'aménagement d'une superficie nette de 519 ha dans le casier de Tiekelesso situé dans la plaine de San-Ouest.

1.1. Objectifs de l'étude

1.1.1. Objectif global :

L'objectif général du projet est de contribuer à l'amélioration de la productivité agricole et du cadre de vie des populations locales.

1.1.2. Objectifs spécifiques :

Spécifiquement, les objectifs recherchés dans le cadre de cette étude sont les suivants :

- ✓ l'étude d'aménagement des 519 ha (calcul des besoins en eau des cultures, le tracé du réseau, le calage et le dimensionnement des ouvrages, la réalisation des plans d'exécution et la détermination des devis quantitatif et estimatif des travaux) ;
- ✓ choisir et caler des pompes en vue de l'alimentation en eau de l'aménagement ;
- ✓ réaliser un plan de gestion environnemental et social (PGES) de l'aménagement projeté.

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

2.1. Présentation de BETICO

BETICO Sarl (BP E2384 Baco-Djicoroni ACI Sud (Golfe) –Rue 795, Bamako, Mali) est une société de droit malien créée en septembre 1994 en tant que société d'Ingénieurs-Conseils indépendants. Ses activités englobent tous les secteurs du développement des zones rurales et urbaines. Il intervient essentiellement au Mali et dans les pays de la sous-région. Ses clients principaux sont : les institutions gouvernementales, les organismes internationaux, les investisseurs privés, les collectivités rurales et les organisations non gouvernementales (ONG). Sa gamme des prestations comprend tous les niveaux du déroulement d'un projet ; de l'identification du site jusqu'à la réalisation du projet en passant par la formation des populations bénéficiaires en vue de la gestion et de la maintenance des ouvrages. Il s'agit entre autres de l'élaboration de la faisabilité du projet, de l'avant-projet sommaire (APS), de l'avant-projet détaillé (APD), du projet : spécifications techniques détaillées (STD) et plans d'exécution des ouvrages (PEO), et du dossier de consultation des entreprises (DCE).

Le bureau d'études BETICO Mali évolue dans les domaines suivants :

- irrigation et drainage des plaines rizicoles ;
- hydraulique villageoise (forages, puits à grand diamètre, barrages) ;
- voirie urbaine et rurale ;
- adduction, distribution, traitement de l'eau ;
- assainissement urbain ;
- génie civil ;
- génie informatique, formation des cadres de l'administration et des populations rurales.

2.2. Présentation de la zone d'étude

2.2.1. Situation géographique :

La zone du projet est située à 13.3° de latitude Nord et à 4.9° de longitude Ouest. Elle est limitée par les communes de Ténéni et Somo à l'est, Niasso à l'ouest, Dah au sud ; et le fleuve Bani au nord. La plaine est accessible à partir de la ville de San par une digue-route en latérite.

Au niveau régional, la localisation de la zone est matérialisée par la carte suivante (**Figure 1**) :

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

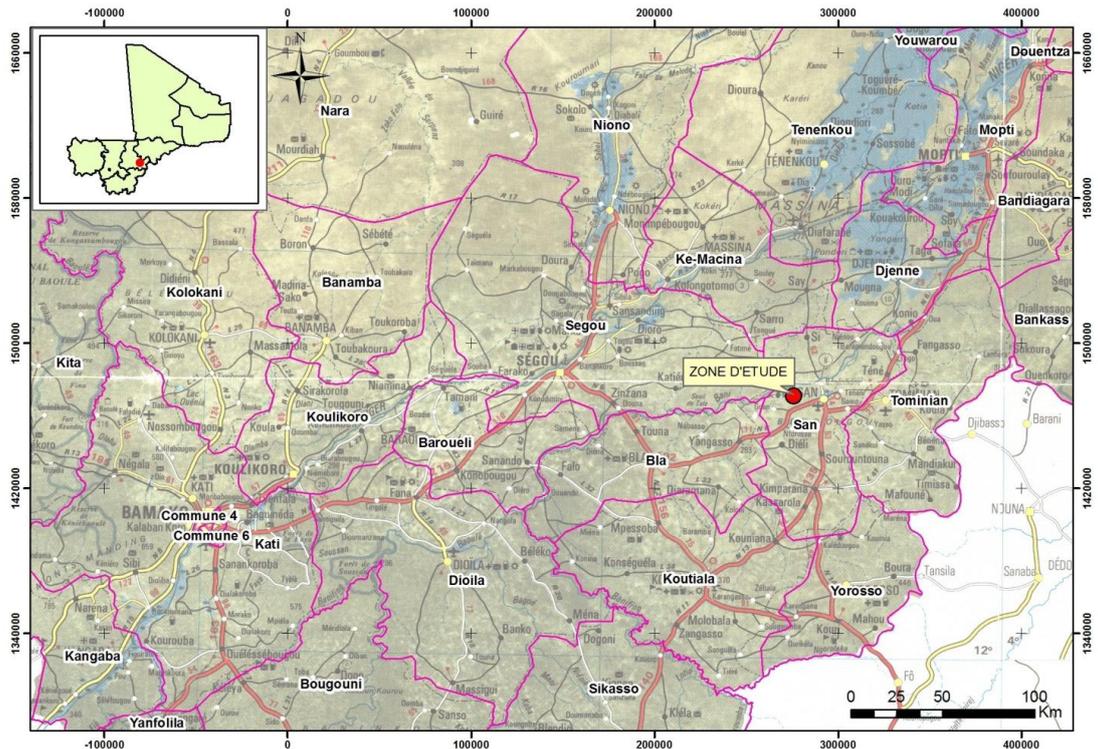


Figure 1 : Localisation de la plaine San Ouest au niveau régional

La délimitation du casier de Tiekelesso est présentée sur la **Figure 2** suivante :

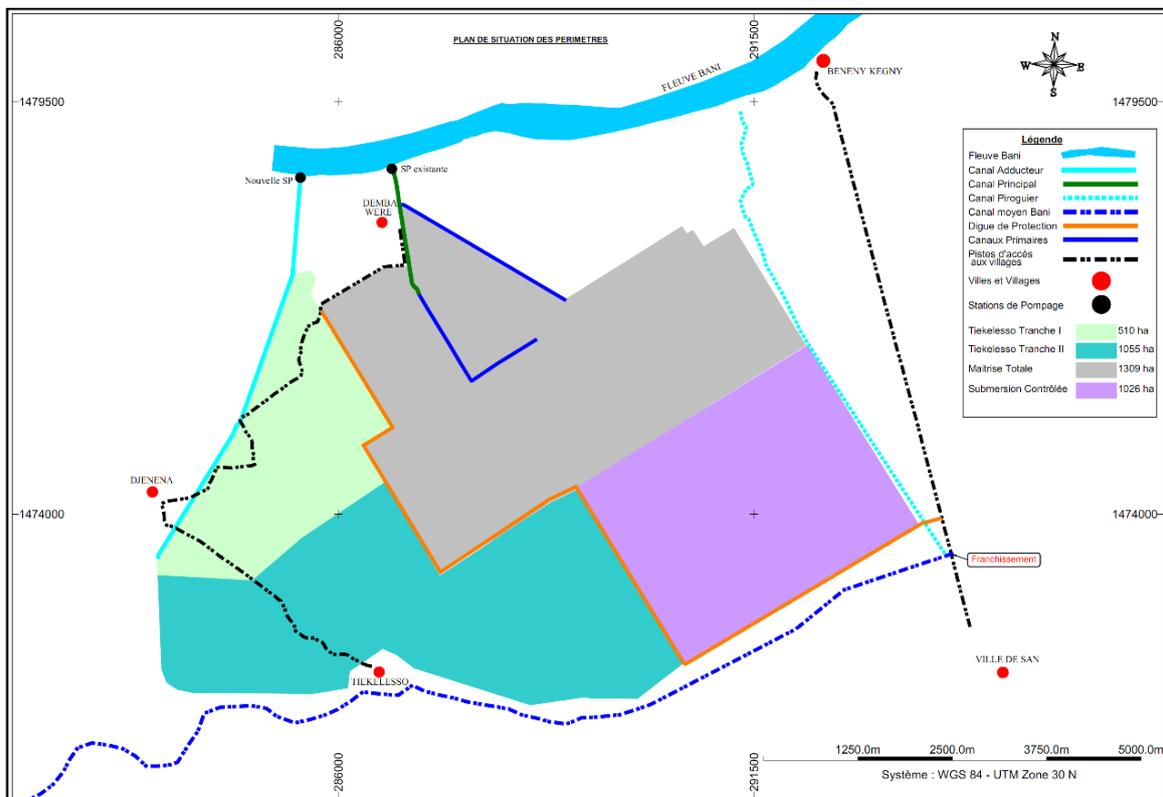


Figure 2 : Délimitation du périmètre de Tiekelesso

La zone concernée par ce mémoire est la tranche I en amont de l'extension du casier qui est située à l'ouest des aménagements existants et séparée par la digue de protection (voir légende).

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

2.2.2. Situation physique de la zone

Le **relief** est généralement plat, constitué de plateaux, de glacis d'épandage (zones de cultures sèches) et de plaines le long du fleuve Bani. Le relief se caractérise par une pente faible dirigée vers le nord. Les sols sont de textures différentes par endroits, on note toutefois des sols alluvionnaires, argileux, argilo-sableux, limoneux et argilo-limoneux qui se prêtent bien à la riziculture.

Le cercle a un **climat** tropical sec avec trois saisons : la saison des pluies s'étale de juin à septembre avec des précipitations annuelles en dent de scie variant entre 500 et 700 mm ; on observe une saison froide de novembre à février et une saison chaude de mars à mai. Les températures sont élevées avec une minimale pouvant descendre en dessous de 15°C en décembre et une maximale autour de 42°C dans les mois de mars, avril et mai.

Tableau 1 : Variation de l'évapotranspiration (ET0) de la zone

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
Eto (mm/jour)	4,56	5,65	6,38	6,76	6,58	6,11	4,93	4,24	4,33	4,62	4,58	4,22
Eto (mm/mois)	141	158	198	202	204	183	153	131	130	143	137	131

Source : FAO (logiciel Cropwat et Climwat, FAO).

L'humidité caractéristique et la densité apparente de la zone sont indiquées **Tableau 2**.

Tableau 2: Données physiques du sol dans la plaine de San-Ouest

Profondeur	0-25 cm	25 - 45 cm
Humidité à la capacité au champ (Hcr)	32,80%	29,00%
Humidité au point de flétrissement (Hpf)	16,00%	15,70%
Densité apparente (da)	1,2	1,2

Source : CRRA-Niono, Juin 2005

La **végétation** est majoritairement arbustive, parsemée par quelques espèces de grands arbres et des espèces épineuses. Les espèces dominantes sont : le karité, le baobab, l'acacia albida, le néré, le tamarin les kapokiers, des rôniers et des épineux.

Le **réseau hydrographique** qui alimente les aménagements du périmètre se limite essentiellement au Bani, affluent du fleuve Niger ; les zones avoisinantes de la plaine sont alimentées par des eaux de pluies ainsi que les crues du fleuve.

2.2.3. Situation socio-économique de la plaine de San Ouest

La plaine de San est une aire agricole dont le potentiel aménageable est estimé à environ 4500 ha. La superficie aménagée est de 2 335,35 ha à ce jour. Elle est exploitée suivant deux grands systèmes agricoles : l'agriculture irriguée et l'agriculture exondée sur les zones non aménagées.

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

Les occupations impliquant des activités relatives à l'agriculture irriguée sont :

- ✓ le périmètre rizicole en maîtrise totale sur 1309 ha exploités par 3569 producteurs ;
- ✓ le périmètre rizicole en submersion contrôlée sur 1026,35 ha exploités par 1521 producteurs;
- ✓ les parcelles de maraichage sont estimées à 22 ha exploitées par 175 productrices ;
- ✓ les étangs piscicoles sont estimés à 14,38 ha exploités par 225 producteurs.

Il ressort de l'analyse des données de mise en valeur du périmètre les résultats suivants :

- ✓ 5,15 tonnes de riz en moyenne par hectare pour le périmètre en maîtrise totale de l'eau (de 2007 à 2017) ;
- ✓ 6,19 tonnes de riz pour la contre saison (en neuf campagnes);
- ✓ 3,35 tonnes en moyenne à l'hectare pour la submersion contrôlée ;
- ✓ 31,81 tonnes à l'hectare pour le maraichage (oignon, tomate, piment, concombre aubergine etc.).

L'agriculture exondée est pratiquée au niveau de la plaine non aménagée à travers des exploitations de mil/sorgho, de riz pluvial et des bois villageois.

Les communautés rurales exploitant le site de Tiekelesso sont au nombre de 2 villages (Djenena et Tiékélesso) et un hameau (Demba-Wèrè) issu de Tiekelesso relevant des communes de San et Niasso. La population des trois communautés est de 3607 habitants répartis entre 285 UPA (Unité de Production Agricole) ou familles.

L'activité principale du cercle de San est l'agriculture de laquelle dépend la presque totalité des familles de la ville et celles des villages. Cette situation explique le nombre élevé des communautés et des exploitants du périmètre aménagé de la plaine gérée par l'ARPASO. Il semble que la possession du statut d'exploitant de la plaine de San confère une certaine reconnaissance et considération sociales ; raisons pour lesquelles, les populations de toutes les catégories socioprofessionnelles (agriculteurs, éleveurs, pêcheurs, commerçants, transporteurs, artisans, retraités, fonctionnaires etc.) de la ville et de ses hameaux et villages sont les groupes cibles potentiels bénéficiaires des parcelles aménagées.

La plaine de San appartient au système de valeurs de la ville grâce à la localisation de la mare sacrée.

En outre, sans la plaine, San serait une vaste zone de cultures sèches largement dépendant de l'extérieur pour ses besoins en riz.

3. PRESENTATION DU PROJET

3.1. Contexte et justification

La réalisation des prestations d'études et d'aménagement de la zone d'extension de Tiekelesso s'inscrit dans le cadre du troisième programme indicatif de coopération bilatérale (PIC III) mis en œuvre par le Gouvernement du Mali avec l'appui de Lux Dev.

Le Grand-Duché du Luxembourg apporte au Gouvernement et aux populations du Mali un soutien technique et financier au titre de l'accord général de coopération conclu en 1998. Cet appui fait l'objet de programmes indicatifs (PIC) entre les deux gouvernements (PIC I - 2003/2006, PIC II – 2007/2013 et PIC III – 2015/2019).

Le présent projet (MLI/021) est construit sur les fondements, acquis et insuffisances du projet MLI/018 dans leur volet commun « Aménagements hydro agricoles ». Son objectif global est de diversifier et de renforcer les sources de revenus agricoles et la sécurité alimentaire des ménages ruraux. Plus spécifiquement, il s'agit d'améliorer la productivité, la durabilité et la rentabilité des trois filières agricoles (riz, fonio et sésame).

Par courrier daté du 11 octobre 2017, le groupement AHT GROUP AG (AHT)/ BETICO a été invité par Lux Dev à remettre une offre de services dans le cadre du DAO n° MLI/021 17 347 intitulé : «Etudes d'APS de la zone d'extension de Tiekelesso (1 200 ha) de la plaine de San-Ouest, avant-projet détaillé (APD), suivi et contrôle des travaux d'aménagement hydro-agricole d'une tranche de 400 ha». Ce projet est composé des tâches suivantes :

- réalisation de l'étude d'APS de 1200 ha représentant le casier de Tiekelesso nord ;
- réalisation d'un avant-projet détaillé (APD) sur 400 ha au sein du casier de Tiekelesso;
- réalisation de l'EIES de l'aménagement parallèlement aux études APS et APD ;
- réalisation du DAO de la réalisation des travaux d'aménagement des 400 ha ;
- supervision et contrôle des travaux d'aménagement de la tranche des 400 ha.

A notre arrivée au bureau d'études BETICO, la phase 1 (APS sur 1200 ha) du projet venait à peine de commencer par la réalisation des études techniques de base. Ainsi, sur l'accord de mes encadreurs, nous avons voulu traiter la seconde phase (APD sur de 400 ha) du projet.

Après la restitution des résultats de l'APS par AHT/BETICO, les travaux du présent mémoire ont commencé, portant sur la réalisation d'une étude d'avant-projet détaillé sur 519 ha nets de terres agricoles. Cette augmentation est due essentiellement au découpage de la zone au niveau de la phase 1 du projet. Il était prévu initialement dans les termes de références d'étudier l'APD de 400 ha, cependant, l'aménagement compact de la partie en amont est de 519 ha.

3.2. Données de base :

Les données collectées dans le cadre de la première phase portant sur l'avant-projet sommaire constituent les données de base essentielles pour la conduite de cette présente étude d'APD, et d'autres données jugées utiles pour ces genres d'études dont les références sont fournies dans la bibliographie.

4. METHODOLOGIE DE CONCEPTION

La méthodologie adoptée pour mener cette étude est la suivante :

4.1. Collecte des données :

La collecte des données s'est effectuée en deux phases que sont :

4.1.1. Revue documentaire :

Cette phase 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-socio-économiques, 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 ;

4.1.2. Visite de terrain :

Pour la réalisation des présentes études, nous avons eu à participer à la réalisation de certaines études techniques de base du projet.

Dès notre arrivée au bureau, une première visite de terrain a été programmée avec l'équipe topographique dont le but était de mener les levés altimétriques et planimétriques du casier de Tiekelesso sur une période d'un mois. Et une deuxième sortie avec l'équipe géotechnique, qui avait pour objectif, la réalisation des sondages le long des canaux et au droit des ouvrages ponctuels ainsi que la localisation des zones d'emprunt.

4.1.2.1. Conduite des travaux sur terrain

▪ Etude topographique :

Les levés ont été réalisés avec les GPS différentiels (ProMark 500 d'Ashtech et SP 80 de Trimble). Le système GPS différentiel est constitué d'une base et de deux mobiles ROVER.

La base est stationnée sur un point un haut (**photo 1**) dont les coordonnées sont lues depuis le GPS pendant la configuration base et mobile pour la première fois (**photo 2**), la configuration étant terminée la connexion radio s'établit entre la base et le mobile avec lequel on effectue le levé des points sur le terrain (voir **photo 3**). Chaque point de station avait son point de contrôle avec lequel la fermeture journalière des levés était contrôlée.

La méthode utilisée est le temps réel appelé Real Time Kinematic (RTK). Le temps réel est une méthode très précise dans le système GPS avec une ligne de base de 10 km. Les levés ont été réalisés au 1/2000^{ème}. Les semis de points ont été effectués en temps réel avec un maillage moyen de 20 m à 30m.



Figure 3 : Images prises lors de l'étude topographique

▪ **Méthodologie de l'étude géotechnique**

Les investigations de reconnaissance géotechnique ont commencé par un repérage des points de sondages à l'aide d'un GPS en fonction des coordonnées (X, Y) préalablement définis. Ensuite elles se sont traduites par l'exécution des sondages par puits manuels à ciel ouvert (**photo 4** et **photo 5**) dans les zones d'emprunt des sols argileux, de graveleux latéritiques d'agrégats, de sable, de moellons de pierre, le long des canaux d'irrigation (à chaque 500 m) et au droit des ouvrages importants du réseau (station de pompage, prises des canaux, régulateurs et les franchissements) avec prélèvement d'échantillons intacts et remaniés dans des sacs en plastique (**photo 6**) pour les essais de laboratoire.

Les fosses de sondage ont été exécutées suivant les dimensions suivantes : 1,5m*1,5m sur une profondeur d'environ 1,5 m au droit des ouvrages, 1m*0,5m sur 1m de profondeur le long des canaux.



Figure 4 : Images prises lors de l'étude géotechnique

4.2. Approche méthodologique de l'élaboration des études

Les différentes étapes de l'élaboration des études sont :

- ✓ les données provenant des études techniques (levés topographiques, étude pédologique etc.) ont été analysées et traitées avec des outils adéquats ;
- ✓ les tracés des canaux et pistes dans la zone sont déterminés sur la base des cartes topographiques établies ;
- ✓ sur la base des cultures choisies, on procède au calcul des besoins en eau ainsi que les paramètres d'irrigation ;
- ✓ les calculs hydrauliques (calage et dimensionnement) du réseau y compris les ouvrages ;
- ✓ les calculs pour les volumes de terrassement et les profils (long et travers) ;
- ✓ les volumes de terrassement (et les coûts) sont optimisés dans un processus itératif ;
- ✓ l'intégration du système des réseaux et la conception des ouvrages ;
- ✓ le choix et le calage des pompes de la station de pompage et ses ouvrages annexes ;
- ✓ la réalisation d'un plan de situation de l'aménagement dans son environnement géographique ;
- ✓ la mise en place d'un programme d'irrigation ;
- ✓ la réalisation d'un plan de gestion environnemental et social de l'aménagement projeté.

4.3. Etude hydrologique du fleuve Bani :

Cette étude s'est effectuée sur la base des données disponibles au bureau d'études.

Pour mener cette étude, nous avons eu à recourir aux données suivantes :

- les données journalières des côtes à la station hydrométrique de Bénény Kégny ;
- les données moyennes des débits à la station hydrométrique de Bénény Kégny ; et
- les données mensuelles de la pluviométrie à la station pluviométrique de San.

Il faut noter que ces données présentaient beaucoup de trous qu'il a fallu reconstituer par la méthode d'extrapolation ou tout simplement éliminer

Ensuite, en fonction des types de données, nous avons utilisés différentes lois de traitement statistique à savoir :

- la loi normale de GAUSS pour les débits moyens ;
- la loi de GUMBEL pour les côtes d'eau extrêmes (périodes de crue et d'étéage).

Le traitement statistique des débits moyens annuels par la loi normale de GAUSS (loi utilisée pour les valeurs moyennes) a permis de déterminer la disponibilité des ressources en eau avec différentes probabilités. Quant à la loi de GUMBEL (loi utilisée pour les valeurs extrêmes) utilisée pour le traitement statistique des hauteurs d'eau à Bénény Kégny a permis de déterminer les côtes de montée des eaux avec différentes probabilités.

4.4. Etude d'aménagement hydro agricole

4.4.1. 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 San (en quinquennale sèche) ;
- ETP moyenne à San (source FAO, logiciels Cropwat et climwat) ;
- calendriers culturaux et coefficients culturaux des différentes cultures, en fonction du stade végétatif (Source : logiciel Cropwat de la FAO).

4.4.1.1. Besoins en eau du riz

Pour le riz, ces besoins comprennent, conformément aux normes usuelles :

- **pré-irrigation ou saturation**: la première mise en eau de la parcelle avant l'installation des premières pluies;
- **submersion de la rizière** : maintenir une lame d'eau dans la parcelle de riz afin de submerger les adventices et satisfaire les besoins en eau des plants ;
- **entretien du plan d'eau** : compensation des pertes (infiltration et évapotranspiration) d'eau au niveau de la parcelle du riz.

4.4.1.2. Besoin en eau des autres cultures

Pour l'assolement de polyculture (maraîchage et céréale), il s'agit de satisfaire seulement l'évapotranspiration maximale de la plante. Le paramètre qui change par rapport au riz est l'efficience à la parcelle (sols plus légers donc pertes plus grandes que les sols rizicoles).

Les formules utilisées pour le calcul des besoins en eau et des paramètres d'irrigation sont résumées dans le **Tableau 3** ci-après.

Tableau 3 : Formules du calcul des besoins en eau et des paramètres d'irrigation

Paramètre	Symbole	Formule	Unité
Pluie efficace	Pe	$0.8P$ si $P > 75\text{mm}$; $0.6P$ si $P < 75\text{mm}$	mm
Saturation ou pré-irrigation	S	$1000(Hcr (\%) - Hpf (\%)) * Z(m) * da$	mm
Besoin net	BN	$ETP + S + I - Pe$	mm
Besoin brut	BB	BB/Ep	mm
Débit fictif continu	DFC	$(1000 * BB) / (86400 Nj)$	l/s/ha
Débit maximum de pointe	DMP	$(1000 * BB) / (Nj * Nh)$	l/s/ha
Débit d'équipement	Qe	Max (DMP)	l/s/ha
Quartier hydraulique	W	m/DMP	Ha

Avec : ETP : Evapotranspiration potentielle = $ETo * Kc$; S : la saturation du sol ou la mise en boue (= 0 pour la polyculture) ; P : pluie (mm) ; Nj : Nombre de jours d'irrigation ; Nh : Nombre d'heures d'irrigation (12 heures) ; Ep : Efficience du réseau ; Z : profondeur d'humectation; Hcr : humidité à la capacité au champ Hpf : humidité au point de flétrissement ; da : Densité apparente du sol.

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

Les efficacités des canaux sont définies comme suit :

- Efficacité à la parcelle de la riziculture : 85 %
- Efficacité à la parcelle pour la polyculture : 65%
- Efficacité des canaux tertiaires (en terre) : 85 %
- Efficacité des canaux secondaires (revêtus) : 95 %
- Efficacité des canaux primaires (revêtus) : 95 %

Soient des efficacités globales de 65% pour la riziculture et de 50 % pour les autres cultures.

NB : l'efficacité ci-dessus est considérée valide dans la limite d'une longueur cumulée des réseaux en terre de 6 km, au-delà elle diminue par pas de 2 km.

4.4.2. Adéquation de la ressource en eau disponible avec la demande

Pour s'assurer de l'opportunité de pompage dans le fleuve, nous avons procédé à une mise en adéquation de la ressource en eau avec la demande. Cette simulation a consisté à comparer la demande dans chaque mois au débit mensuel du fleuve, en considérant les deux cas à savoir la présente phase d'APD (519 ha) et l'extension du casier.

La simulation a été faite en prenant en compte la demande des aménagements existants.

La station de pompage existante a une capacité de 3500 l/s pour assurer l'irrigation des casiers existants en hivernage et en contre saison avec un taux d'intensification d'environ 150%, soit la moitié du débit de la station en contre saison (Rapport de l'APS, 2018).

4.4.3. Dimensionnement des canaux :

4.4.3.1. Approche hydraulique :

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.

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

Avec Q : débit en m³/s; K_s : coefficient de rugosité ; S : section mouillée en m² ; R_h: 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 60 pour les canaux en béton, à 35 pour les canaux en terre et à 25 pour les drains (**Valeurs usuelles de projet**) ;
- ✓ 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**).

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

➤ **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.

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

Après cela, on détermine le débit en tête de chaque canal selon le principe suivant :

- ✓ **canaux tertiaires (Qt):** on considère que le canal tertiaire transporte sur toute sa longueur un débit constant correspondant à la main d'eau, soit $Q_t = \text{main d'eau}$;
- ✓ **canaux secondaires (Qs):** $Q_s = \Sigma Q_t / E_s$, E_s = efficacité du réseau secondaire ;
- ✓ **canaux primaires (Qpr) :** $Q_{pr} = \Sigma Q_s / E_{pr}$, E_{pr} = efficacité du réseau primaire..

Les débits calculés ci-dessus sont en effet des débits théoriques, le débit réel des canaux dépendra de l'ouvrage de prise installée.

➤ **Détermination des débits de drainage**

Pour estimer les débits de drainage, nous avons considérés les hypothèses suivantes :

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

✓ **Débit de ruissellement des pluies (Qp)**

$$Q_p \text{ (l/s/ha)} = \frac{(P - I) * 10}{3,6 * 24 * N_j}$$

Avec : P = la pluie décennale (mm) ; I = l'infiltration (mm) et N_j = nombre de jours (3 jours).

✓ **Débit de vidange des parcelles (Qv)**

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.

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

- les drains secondaires sont dimensionnés en supposant que 90 % des parcelles sont drainées ;
- les drains primaires sont dimensionnés en supposant que 80 % des parcelles sont drainées.

4.4.3.2. Approche génie civil :

Ces calculs ont consisté à définir et à calculer la structure d'étanchéité des canaux.

➤ **Type et épaisseur du revêtement :**

Pour ce projet, nous avons optés pour un revêtement en béton légèrement armé. L'épaisseur requise pour le revêtement des canaux varie de 5 cm à 7,5 cm (FAO).

➤ **Armatures et joints:**

La section des armatures pour le revêtement des canaux varie, en général, entre :

- 0.10 et 0.40 % de la section totale dans la direction longitudinale (en moyenne 0.25%) ;
- 0.10 et 0.20% de la surface totale dans la direction transversale (en moyenne 0.15%).

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

Pour le béton armé, l'espacement des joints transversaux est limité à 6 m avec une profondeur égale au 1/3 de l'épaisseur et une largeur variant de 1 à 1.5 cm (M. OURAHOU, 2004).

La section des aciers du radier est déterminée par :

$$\frac{A_s}{10000 \times b \times d} \geq 0,25\% \text{ pour les HA}$$

Avec $b = 1\text{ m}$; $d = 90\%$ de l'épaisseur du radier (m) et A_s la section des aciers en cm^2 .

4.4.4. Calage des canaux d'irrigation et de drainage

❖ Calage du réseau d'irrigation

Le calage des lignes d'eau dans les canaux d'irrigation a été effectué de l'aval vers l'amont, selon le principe ci-après :

- ✓ la côte de référence Z0 au niveau de chaque bloc de parcelles

Elle est, par mesure de sécurité, la côte maximale observée, déduction faite des singularités topographiques présentant des pics ponctuels et localisés.

- ✓ la côte Z1 du plan d'eau nécessaire dans la parcelle

On admet une lame d'eau maximale de 25 cm (riziculture) ou nulle (polyculture), soit :

$$Z1 \text{ (m)} = Z0 + 0.25 \text{ m (ou 0 m)}$$

- ✓ la côte Z2 du plan d'eau du canal secondaire au droit de la prise d'eau du tertiaire ou arroseur

Elle correspond au plan d'eau Z1 additionné des pertes de charge survenant dans la prise rigole et dans la prise arroseur, soit :

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

ΔH = pertes de charges (pdc) de la prise rigole + pdc prise tertiaire

- ✓ la côte Z3 du plan d'eau nécessaire dans le canal secondaire ou partiteur

Les côtes Z2 ainsi déterminées pour tous les arroseurs constituent une distribution de points ; dans chacun des biefs du partiteur, la côte Z2 maximale impose sa contrainte et le plan d'eau maximum nécessaire à Q_{max} se voit ainsi aligné sur cette côte Z2 maximale.

$$Z3 \text{ (m)} = \text{PE max } (Q_{\text{max}}) = \text{max (côtes Z2)}$$

- ✓ détermination de la côte Z4 de la ligne d'eau du canal primaire

Les côtes Z3 ainsi déterminées pour tous les canaux secondaires constituent une distribution de points, dont la droite enveloppe supérieure représente la limite minimale du plan d'eau dans le canal primaire.

$$Z4 \text{ (m)} = \text{PE max } (Q_{\text{max}}) = \text{maximum (côtes Z3)}$$

Les pertes de charges à considérer en fonction des types d'ouvrages de prise sont respectivement de **5 cm** pour la prise rigole , **10 cm** pour la prise tertiaire (module à masque

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

type X), **15 cm** pour la prise secondaire (module à masque type XX) et **20 cm** dans la prise primaire (Vanne AVIS) soient **50 cm** de pertes de charges totales (AHT/BETICO, 2011).

❖ Calage du réseau de drainage:

Le calage du 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 côte inférieure à la côte définie ci-dessus ;

$$\mathbf{Z1 (m) = Z0 - 0,60 m}$$

- ✓ calage de la côte **Z2** du fond du drain secondaire en tenant compte des contraintes de côtes imposées aux débouchés des drains tertiaires;
- ✓ calage de la côte **Z3** du fond du drain principal en tenant compte de la contrainte de côte imposée aux débouchés des drains secondaires.

Les côtes des débouchés des drains sont calculées à partir de la formule suivante :

$$\mathbf{Z \text{ débouché (m) = Z fond} - L * i}$$

Avec **L**= longueur du drain (m) et **i** = pente du drain (m/m).

4.4.5. Calage et dimensionnement des ouvrages ponctuels

4.4.5.1. Prises des canaux primaires :

Les prises des canaux primaires seront équipées de Vannes automatiques AVIS haute chute. Ces ouvrages permettent la régulation du niveau d'eau aval, indépendamment de leur ouverture, du niveau d'eau amont et du débit sollicité.

Le type de vanne à installer est défini en fonction du débit maximal (Q_{max}), de la charge minimale (J_{min}), de la charge maximale à débit nul ($J_{max 1}$) et de la charge maximale à débit maximal ($J_{max 2}$). Les vannes sont calées selon le principe énoncé en ANNEXE 3.

4.4.5.2. Prises des canaux secondaires et tertiaires :

Toutes les prises des canaux secondaires et tertiaires seront équipées de modules à masques. Ce type de prise permet d'assurer un débit aval presque constant, dans un intervalle de variation du débit amont de +/-10%.

Le choix du type de module dépend du débit (Q) requis en aval, de la perte de charge admissible (Δh_{min}), du marnage toléré en amont (M_{max}) et de la section-type (X, XX, L ou C) qui conditionne l'encombrement en largeur (l).

Le principe de calage des modules est expliqué en ANNEXE 3.

4.4.5.3. Prises des rigoles :

Les prises de rigoles sont de petits ouvrages préfabriqués et seront équipées de vanne TOR (Tout ou Rien), qui alimentent les rigoles de distribution.

4.4.5.4. Les ouvrages de régulation du plan d'eau :

La régulation du plan d'eau des canaux primaires sera assurée par des régulateurs mobiles équipés de vannes droites manœuvrables ou vannes à crémaillères et par des déversoirs statiques (chutes) pour les canaux secondaires. Ils ont pour rôle le maintien du plan d'eau situé en aval immédiat de l'ouvrage à une cote sensiblement constante.

Pour le dimensionnement des déversoirs statiques (giraudet) on utilise la formule suivante :

$$Q = m * L * \sqrt{2g} * h^{3/2}$$

Avec, Q: débit en m³/s ; L : longueur du déversoir (m) ; h : charge sur le déversoir (m) ; g : accélération de la pesanteur (9,81 m/s²) ; m : coefficient dépendant de la forme du seuil.

Pour les régulateurs mobiles, il suffit de déterminer la section de l'ouvrage (qui dépend du dalot qui va supporter la vanne) en fonction du débit qui passe pour une vitesse de fonctionnement minimale. La section de l'ouvrage est déterminée par la formule de Manning Strickler.

4.4.5.5. Les bassins d'amortissement

Ces ouvrages sont situés à l'aval des prises des canaux. Ils ont pour rôle de dissiper l'énergie de l'eau après la prise avant de passer dans le canal. La **Figure 5** montre le schéma de fonctionnement d'un bassin de dissipation.

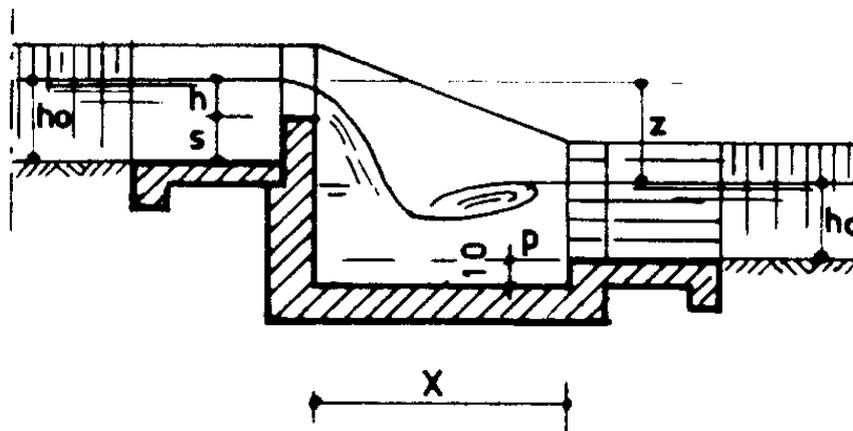


Figure 5 : schéma de fonctionnement d'un bassin de dissipation

Les dimensions du bassin sont donner par : $X \text{ (m)} = 1.5Z$ et $P = 10 \text{ à } 30 \text{ cm}$ avec X : la longueur du bassin et P : la profondeur (SOGETHA, 1969).

4.4.5.6. Les ouvrages de sécurité:

Des déversoirs de sécurité seront placés à l'extrémité des canaux primaires et secondaires pour évacuer le surplus de débit dans les canaux, survenu lors d'un dysfonctionnement du réseau.

Hypothèse : le dimensionnement des déversoirs de sécurité est basé sur l'évacuation du tiers du débit en tête du canal considéré (norme usuelle). Le calcul est conduit de la manière que les ouvrages de régulation sur les canaux.

4.4.5.7. Les débouchés des drains :

Ils seront constitués par des buses, pour les drains primaires et secondaires et par des tuyaux PVC, pour les canaux tertiaires et les rigoles. La section de ces ouvrages est déterminée par la formule de Manning-Strickler.

4.4.5.8. Les ouvrages 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.

❖ **Calculs hydrauliques :**

Le dimensionnement est basé sur la formule de Manning-Strickler.

Le dimensionnement est réalisé à partir des itérations de la formule $V = Q \cdot S$; avec V = vitesse en m/s ; Q = débit en m³/s ; S = la section des buses ou des dalots en m²

On se fixe une vitesse de façon à obtenir de faibles pertes de charges singulières (J_s) et linéaires (J_l) Ces pertes de charges sont estimées de la façon suivante :

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

$$J_l (m) = \left(\frac{Q}{K_s \cdot S \cdot R^{\frac{2}{3}}} \right)^2 \cdot L$$

Avec Q : débit en m³/s ; S : section mouillée (m²) ; R : rayon hydraulique ; K_s : 70 pour le béton et L : longueur de l'ouvrage (m).

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

$$J_s (m) = (K_c + K_d) \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

V : vitesse dans l'ouvrage en m/s ; $(K_c + K_d) = 1,5$ (coefficients dépendant du type de raccordement, on considère un raccordement brusque) (**SOGETHA, 1969**).

❖ **Calculs de génie civil**

L'ouvrage est calculé comme un pont de classe III (largeur chargeable = 5 m < 5.5 m) en considérant le sous-système Bc pour les surcharges routières en utilisant le logiciel CYPE.

Le modèle de calcul utilisé, par le logiciel, consiste en éléments finis triangulaires du type lamelle épaisse tridimensionnelle, qui considère la déformation par l'effort tranchant. Chaque élément est constitué de six nœuds, aux sommets et aux milieux des côtés, avec six degrés de liberté chacun. Le maillage du pont-cadre est réalisé en fonction de ses dimensions (épaisseur et portée). Sur chaque nœud, après une analyse élastique et linéaire, huit efforts sont obtenus, avec lesquels la section de béton et l'armature sont dimensionnées et vérifiées. A partir des déplacements sont vérifiés la flèche, les pressions sur le terrain, le soulèvement du radier, etc.

➤ **Pré-dimensionnement de l'ouvrage :**

Généralement, l'épaisseur du dalot est environ $l/15$ où l est la plus grande dimension de la cellule hydraulique (A. MESSAN, 2011).

En plus de la condition sur l , en fonction de la hauteur H du remblai, on a:

- $H < 2 \text{ m}; e \approx l/10 - 5 \text{ cm} ;$
- $2\text{m} \leq H < 4 \text{ m}; e \approx l/10 ;$
- $4\text{m} \leq H < 8 \text{ m}; e \approx l/10 + 5 \text{ cm}.$

4.4.6. Dimensionnement de la digue de protection

La digue de protection est calculée en utilisant les formules suivantes :

Calcul de la largeur en crête (Lc) : en pratique, la largeur en crête est supérieure à 3 mètres.

Elle est déterminée en fonction des formules suivantes :

$$\text{KNAPPEN : } Lc (m) = 1,65 * \sqrt{E}$$

$$\text{PREECE : } Lc (m) = 1.1 * \sqrt{E} + 1$$

$$\text{Autres formules : } Lc (m) = 3,6 * \sqrt{E} - 3$$

Avec E = la hauteur de la digue (m)

L'emprise du barrage ou largeur à la base Lf est donnée par la relation suivante :

$$Lf (m) = lc + 2 \frac{H}{\tan\alpha} ; \text{ avec } \tan\alpha=1/2$$

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.

4.4.7. Dimensionnement de la station de pompage

La station de pompage est l'ensemble des équipements qui permettent de mobiliser l'eau depuis la source pour pouvoir alimenter le réseau d'irrigation.

4.4.7.1. 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. Dans le cadre de ce projet, le choix s'est porté sur le modèle des pompes submersibles du type « Flygt ».

✓ **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 :

$$\text{HMT} = Hg + Hv$$

Avec : HMT = Hauteur manométrique totale (m) ; Hg = Hauteur géométrique (m) ; Hv = Pertes de charge (m).

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

Les pertes de charges linéaires sont calculées par la formule de Manning Strickler donnée par la relation suivante :

$$Jl = \frac{10,29 * Q^2}{Ks^2 * D^{(16/3)}} \times L$$

Avec : Ks : coefficient de Manning pris égale à 80 pour les fontes et 120 pour les PVC ; Q : débit d'écoulement en (m³/s) ; D : diamètre intérieur (m) ; L : longueur de la conduite (m).

Les pertes de charges singulières sont calculées par la formule :

$$J_s = (V^2/2g) \text{ où } V = \text{vitesse de l'eau (m/s) et } g = \text{est l'accélération de la pesanteur (en m/s}^2)$$

• Grille à barreau à l'aspiration :

$$Z (m) = AU^2/2g \text{ avec } A = 1,79 (E/D)^{4/3}$$

Z = perte de charge (m) ; U = vitesse (m/s) ; E : épaisseur du barreau (m) ; D = écartement des barreaux (m).

4.4.7.2. Etude du fonctionnement de l'installation des pompes

Cependant, le phénomène à éviter à tout prix dans le fonctionnement d'une station de pompage est la cavitation (quand les pompes travaillent à vide). Pour qu'une pompe fonctionne normalement c'est-à-dire sans risque de cavitation, il faut que le NPSH disponible calculé soit supérieur au NPSH requis plus 0.5 m (A. ANDRIANISA, 2014).

Ainsi le risque de cavitation est écarté si la condition suivante est vérifiée :

$$NPSH \text{ disponible} > NPSH \text{ requis} + 0,5m$$

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

$$NPSHd(m) = \frac{Pa}{\rho g} - \frac{Ps}{\rho g} - Ha - pdc$$

Pa : pression atmosphérique égale à 10⁵ Pascal ; Ps/ρg : pression de service 0.23 m ; ρ : masse volumique de l'eau 1000 g/m³ ; g : accélération de la pesanteur 9,81 m/s² ; Ha : hauteur d'aspiration (Z pompe – Z eau en m) ; Pdc : pertes de charges linéaires et singulières (m).

4.4.7.3. Calcul de la puissance de la pompe

La puissance mécanique de la pompe est donnée par :

$$P (kw) = \rho . g . Q . H / \eta$$

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

4.5. Matériels utilisés :

Pour réaliser cette étude, en plus des petits matériels utilisés lors des investigations sur le terrain, certains logiciels ont été utilisés.

➤ **Les logiciels :**

- ✓ Le site a été localisé à l'aide du logiciel **Google Earth** ;
- ✓ les données provenant des études techniques ont été analysées et traitées avec les logiciels **Mensura Genius 9.0** (levés topographiques) et **Minitab 18** (données d'infiltration des sols);
- ✓ les dessins techniques du projet (tracés des canaux et pistes, les ouvrages ainsi que les bâtiments d'exploitation) sont réalisés à l'aide du logiciel **AutoCAD**;
- ✓ les besoins en eau ont été calculés avec les logiciels **Cropwat** et **Climwat** (FAO) ;
- ✓ le calage des lignes d'eau dans les canaux a été fait à l'aide du logiciel **HEC-RAS 5.0.1** ;
- ✓ les calculs du projet ont été effectués avec le logiciel **Excel**;
- ✓ les calculs pour les volumes de terrassement et les profils (long et travers) ont été réalisés à l'aide des logiciels **Mensura Genius 9.0** et **Covadis 7**;
- ✓ les traitements hydrologiques ont été réalisés avec le logiciel **Hyfran** ;
- ✓ le logiciel **GEO-SLOPE** a servi pour l'étude de la stabilité des pentes de la digue de protection ;
- ✓ le logiciel **CYPE** a servi pour le dimensionnement du dalot de franchissement ;
- ✓ la réalisation des cartes a été faite à l'aide des logiciels **ArcGIS 10.2.1** et **ArcView** ;
- ✓ la rédaction et la mise en forme du rapport ont été effectuées avec **Microsoft Word** ;
- ✓ la bibliographie et les références ont été insérées avec **Zotero**.

En plus des logiciels de base, certains logiciels de transition ont également été utilisés pour le passage d'un logiciel de base à un autre. Il s'agit de : **dnrgps**, **trackMaker** et **MapSource**.

5. RESULTATS ET DISCUSSION

5.1. Revue de l'avant-projet sommaire

Les actions suivantes ont été retenues dans le cadre de l'APS :

- ✓ concernant le système d'irrigation, une seule variante a été identifiée qui est l'irrigation gravitaire avec maîtrise totale de l'eau moyennant un réseau de distribution constitué de canaux en terre pour les tertiaires et les secondaires et de canaux bétonnés pour les primaires.
- ✓ pour l'alimentation en eau du périmètre, deux variantes ont été identifiées à savoir :
 - Variante 1 : Réhabilitation et renforcement de la station existante pour alimenter le périmètre existant et la zone d'extension ;
 - Variante 2 : La création d'une nouvelle station de pompage pour alimenter cette tranche d'APD et l'extension du casier.

Après restitution des résultats de l'APS et comparaison des deux variantes, le choix de la deuxième variante a été confirmé.

Suite à la revue de l'APS, nous maintenons les mêmes variantes en proposant de faire les canaux secondaires en béton en plus des primaires pour augmenter l'efficacité du réseau et d'optimiser l'utilisation de la ressource.

Sur la base des éléments définis ci-dessus, notre travail a consisté à :

- ✓ la reprise du calcul des besoins en eau des cultures ;
- ✓ le renforcement et le réajustement du tracé des réseaux en ajoutant le réseau tertiaire ;
- ✓ l'élaboration des calculs techniques.

5.2. Synthèse des résultats des investigations de base :

5.2.1. Etude topographique :

Les travaux topographiques ont concerné une zone couvrant plus de 2000 ha.

Les levés topographiques ont été réalisés à l'échelle 1/2000ème selon les normes prescrites dans les termes de références, à savoir +/- 5 cm en mesure planimétrique et +/- 2 cm en mesure altimétrique. Il a été levé plus de 28 500 points.

La zone d'étude se révèle une vaste plaine alluviale caractérisée par une topographie relativement accidentée constituée de bourrelets, chenaux et des dépressions.

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 6** et la liste des bornes implantées dans la zone est fournie en

ANNEXE 2.

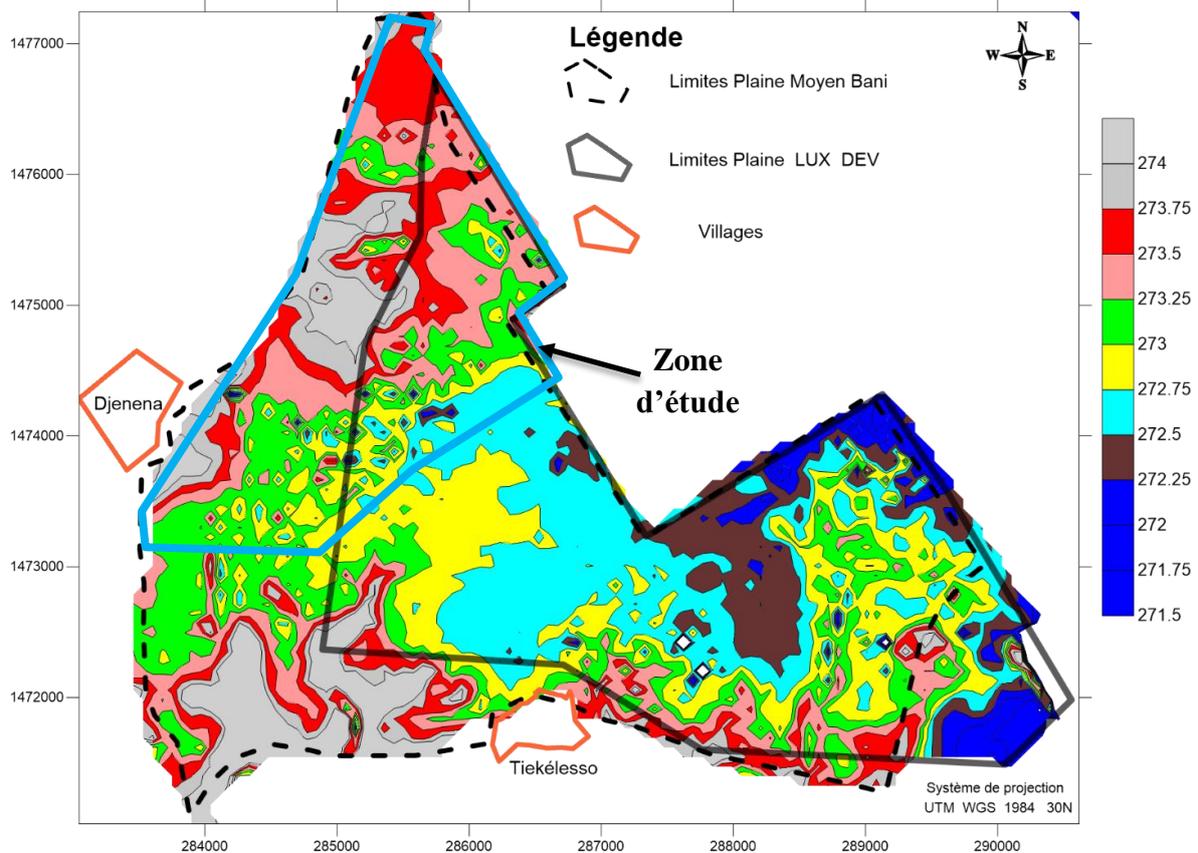


Figure 6 : Modèle Numérique de Terrain (MNT) du casier de Tiekelesso

5.2.2. Etude pédologique :

Les investigations pédologiques réalisées dans la zone ont permis de déterminer le type de sol qui est majoritairement limono-argileux à limono-argilo-sableux 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, et des sols inaptes pour l'agriculture irriguée pour l'ensemble du casier.

Concernant l'infiltration des sols, dix 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 2.69 mm/j à 3.19 mm/j avec une moyenne d'environ 2.86 mm par jour. Le traitement statistique des données a donné un écart-type de 0.23 et un coefficient de variation (CV) de 8.06 %.

Les pertes par infiltration à prendre en compte dans les calculs sont de **3 mm/jour** correspondant au Ksat (infiltration à saturation) conformément aux résultats des mesures d'infiltration. Les courbes d'infiltration sont présentées dans les notes de calcul en **ANNEXE 3** et les autres détails de l'étude pédologique sont fournis en **ANNEXE 2**.

5.2.3. Etude géotechnique

Au vu des résultats obtenus, les gisements des sols argileux sont d'assez bonnes à très bonnes qualités géotechniques, ceux-ci permettent alors leur réutilisation pour la confection des remblais de la digue de protection ou de ceinture et des pistes.

Les sols examinés présentent d'assez bonnes qualités géotechniques en termes de portance au niveau de l'assise des futurs ouvrages d'irrigation (digues, cavaliers des canaux, dalots) et des talus aménagés, avec une contrainte ultime Q_u variant de 2.86 MPa à 4.95 MPa.

L'étude a confirmé la disponibilité des matériaux de construction à proximité du périmètre.

La résistance caractéristique du béton obtenue à 28 jours de compression est d'environ 25 MPa.

Les détails concernant l'étude géotechnique sont fournis en **ANNEXE 2**.

5.2.4. Etude hydrologique :

Le fleuve Bani est la principale ressource en eau de la plaine de San (voir le plan de situation du fleuve sur la **Figure 7** ci-dessous).

Pour s'assurer de la disponibilité de la ressource pour l'aménagement projeté et du bon calage des infrastructures, nous avons procédé à l'analyse des débits moyens et des hauteurs d'eau caractéristiques du Bani sur la période de 1970 à 2017. Les différents résultats de cette étude se présentent comme suit :

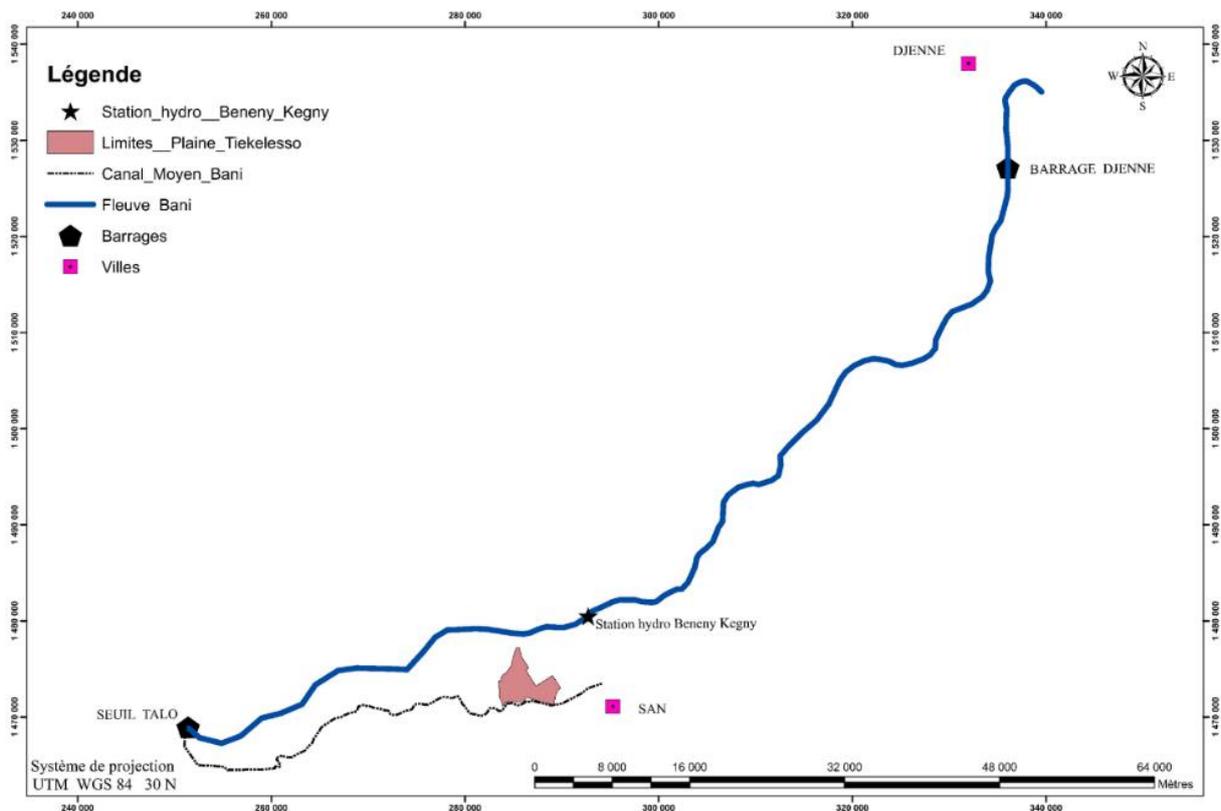


Figure 7 : Plan de situation du fleuve Bani

5.2.4.1. Analyse des débits moyens :

L'analyse des débits moyens du fleuve montre qu'en période quinquennale (humide et sèche), l'écoulement varie dans le fleuve Bani au cours de l'année. En effet, le débit augmente durant la saison des pluies et diminue considérablement en saison sèche. La **Figure 8** montre l'hydrogramme traduisant la variation des débits moyens mensuels du Bani.

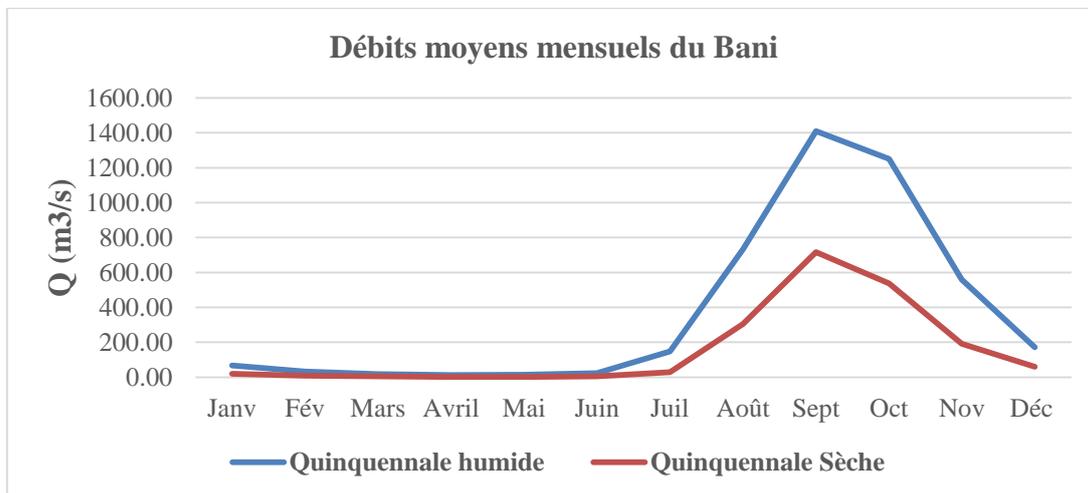


Figure 8 : Variation des débits moyens mensuels du Bani

Sur ce graphique on observe que l'écoulement est très faible de janvier à juin, et le débit augmente très vite pour atteindre le pic au cours du mois de septembre, puis diminue progressivement (voir les valeurs fréquentielles des débits moyens mensuels en **ANNEXE 3**). L'analyse montre aussi que les débits varient d'une année à l'autre, cette variation devient importante entre les années humides et sèches (voir les valeurs fréquentielles des débits moyens annuels du fleuve dans le **Tableau 4**).

Tableau 4 : Valeurs fréquentielles des débits moyens annuels (en m³/s) du Bani

	Année humide					Année moyenne	Année sèche				
	100	50	20	10	5		5	10	20	50	100
T (ans)	100	50	20	10	5	2	5	10	20	50	100
Probabilité	0,99	0,98	0,95	0,90	0,80	0,50	0,20	0,10	0,05	0,02	0,01
Q (m³/s)	511	482	438	399	353	263	173	127	87.9	44.3	15.3

En conclusion, à la lumière des résultats du traitement et l'analyse des débits moyens, nous pouvons dire qu'en années humide et moyenne, la ressource en eau est disponible dans le Bani à BénényKégny.

Par contre, pour les années sèches, la ressource en eau n'est toujours pas suffisante.

En effet, **de juillet à février** la ressource est disponible, mais **de mars à juin** on assiste à une diminution considérable de celle-ci, ce qui influence l'opportunité d'irrigation en contre saison qui doit être limitée.

5.2.4.2. Analyse des hauteurs d'eau caractéristiques :

En ce qui concerne la variation du plan d'eau, on note une grande différence entre les côtes en période de crue et celles en étiage. Cette différence est encore exacerbée entre les années humides et celles sèches. Les côtes caractéristiques suivantes sont à retenir :

- en année moyenne, la côte minimale est 266.05 m et la côte maximale est 271.06 m;
- en année quinquennale, la côte minimale est de 265.92 m et la maximale de 272.07 m;
- en année cinquantennale, la côte minimale est de 265.79 m et la maximale est 274.20 m;
- en année centennale, la côte minimale est 265.77 m et la côte maximale est 274,82 m.

En tenant compte des côtes de calage des digues existantes et des villages, nous préconisons un calage de la digue projetée à **274.50 m**, une côte de calage qui protège la digue contre la crue cinquantennale avec une revanche de 30 cm. Concernant, le calage des pompes, elles seront placées à la côte **266,80 m** pour assurer le pompage en quinquennale sèche.

Les valeurs fréquentielles des hauteurs d'eau caractéristiques du fleuve ainsi que les détails des calculs sont donnés en **ANNEXE 3**.

5.2.4.3. Impacts des seuils de Talo et de Djenné sur le Bani

La zone du projet étant située entre le seuil de Talo déjà construit et celui de Djenné en cours de construction, il est donc évident que ces deux ouvrages auront un impact sur l'hydraulique de la zone du projet (voir **Figure 7** plus haut).

Concernant le seuil de Talo, l'analyse des impacts montre que l'influence a lieu seulement durant la période de crue, c'est à dire de juillet à août. En dehors de ces mois le seuil de Talo n'a pas d'impact sur le régime hydrologique naturel du Bani.

Pour ce qui est du seuil de Djenné, les courbes de remplissage et de vidange de ces 3 sites sont comparées avec l'hydrogramme résultant du seuil de Djenné avec une probabilité de dépassement de 90%. Et il apparaît clairement que la côte du plan d'eau influencé par le seuil de Djenné est toujours inférieure à celle des 3 réservoirs lors de la période de vidange (décembre à janvier). Donc, la vidange des casiers du moyen Bani est toujours possible.

En conclusion, nous pouvons dire que ces deux ouvrages n'influenceront pas l'aménagement projeté (voir les détails de ces impacts au niveau de l'étude hydrologique en **ANNEXE 3**).

5.3. Résultats de l'étude d'aménagement hydro-agricole

5.3.1. Mise en valeur agricole :

Les différentes cultures retenues sont : le riz, le maïs, le sorgho, la tomate, l'oignon et le gombo. Pour le choix de ces cultures, en plus des données pédologiques et socioéconomiques de la zone, la valorisation des acquis de l'expérience de l'exploitation autour des aménagements précédents a été prise en compte.

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

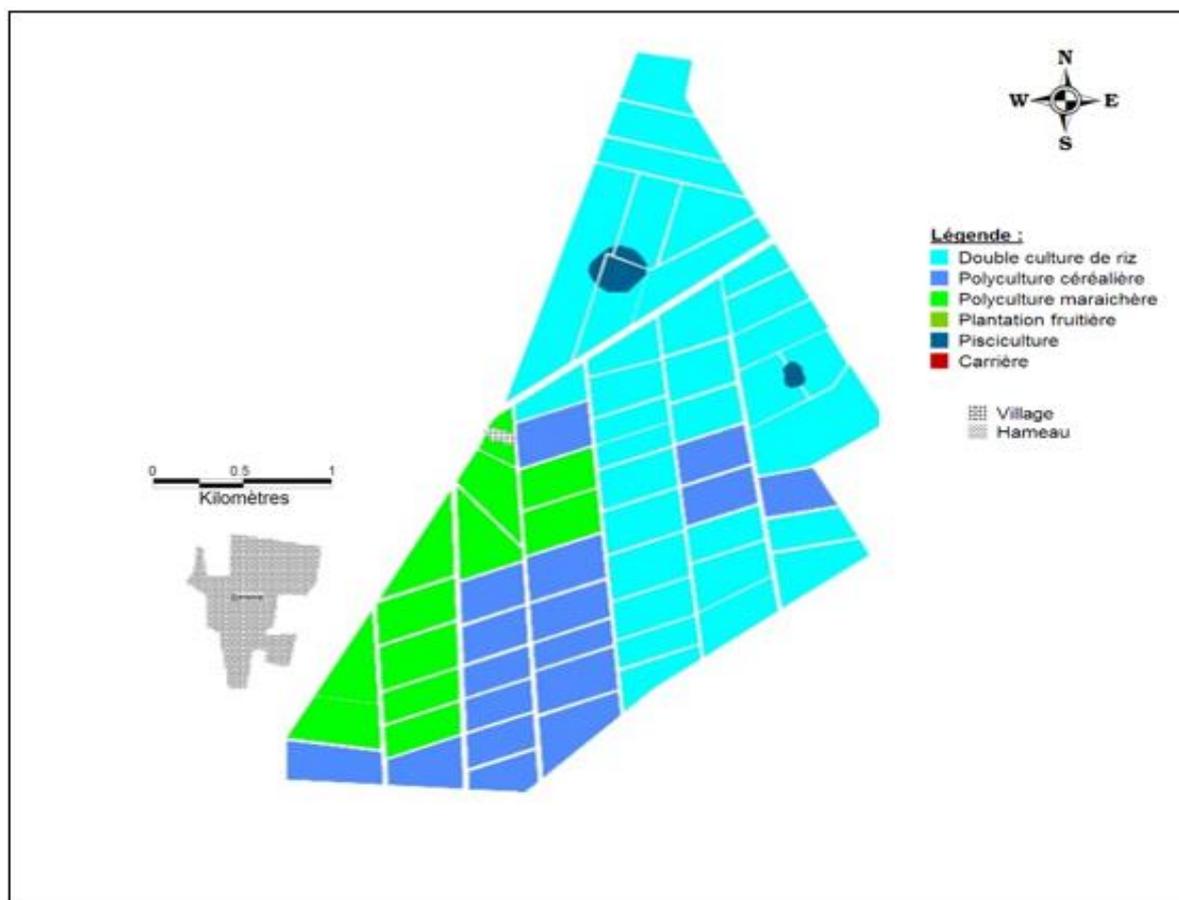
Le cycle et les dates des campagnes sont donnés dans le **Tableau 5**, et le plan cultural des cultures est présenté sur la Figure 9.

Tableau 5 : Durée du cycle des cultures

Culture	Zr (m)	Cycle	Préparation sol	Initiale	croissance	mi-saison	arrière saison	Début campagne	Fin campagne
Riz Hiver	0,6	Durée (120 jours)	25	20	30	40	30	1er Juillet	28 Octobre
		Kc		1,1	→	1,2	→		
Riz CSC	0,6	Durée (145 jours)	25	20	30	40	30	1er Février	31 Mai
		Kc		0,5	→	1,05	→		
Maïs (Hiver, CSF)	1	Durée (125 jours)		20	35	40	30	15 Juin	18 Octobre
		Kc		0,3	→	1,2	→	0,35	15 Novembre
Sorgho (Hiver, CSF)	1,4	Durée (125 jours)		20	35	40	30	15 Juin	18 Octobre
		Kc		0,3	→	1	→	0,55	15 Novembre
Tomate CSF	1	Durée (145 jours)		30	40	45	30	1er Novembre	25 Mars
		Kc		0,6	→	1,15	→	0,8	
Oignon CSF	0,5	Durée (150 jours)		15	25	70	40	1er Novembre	30 Mars
		Kc		0,5	→	0,75	→	1,05	0,85
Piment CSF	0,8	Durée (125 jours)		30	35	40	20	1er Novembre	5 Mars
		Kc		0,6	→	1,05	→	0,9	

Zr = profondeur des racines; Kc = coefficient cultural; Hiver = hivernage; CSC = contre saison chaude; CSF = contre saison froide

Le compte d'exploitation des cultures est fourni en **ANNEXE 4**.



Source : Rapport de l'étude pédologique, 2018

Figure 9 : Plan cultural du périmètre

Sur cette carte, nous retenons les superficies suivantes : 294.73 ha en double culture du riz, 130 ha en polyculture céréalière (maïs, sorgho), et 94.91 ha en polyculture maraîchère (piment, tomate, oignon) soit une superficie nette globale de 519.64 ha (voir les détails en **ANNEXE 2**)

❖ **Faisabilité technique, socio-économique et culturelle des cultures**

Les études pédologiques ont dégagé des sols aptes pour la polyculture céréalière, des sols moyennement aptes pour le maraichage, les sols marginalement aptes pour le maraichage et les sols pratiquement inaptes pour le maraichage dans le casier de Tiekelesso en générale

De nos jours, la plaine est exploitée en riz en maîtrise totale, en submersion contrôlée, en submersion libre, en culture maraichère, avec une large gamme de spéculations et en arboriculture fruitière, avec une grande diversité d'arbres fruitiers.

Donc, elle offre une grande opportunité au développement socioéconomique des communautés qui l'exploitent. De plus, aucune valeur sociétale et culturelle n'interdit la production de telle ou telle spéculation dans la zone.

De ce fait, on peut dire que potentiellement toutes les spéculations céréalières et maraichères peuvent être produites dans la plaine.

5.3.2. Justification du choix du système d'irrigation

Comme indiqué plus haut, le système retenu est l'irrigation gravitaire avec maîtrise totale de l'eau moyennant un réseau de distribution constitué de canaux trapézoïdaux à ciel ouvert, les primaires et les secondaires étant revêtus en béton armé, et les tertiaires ou arroseurs en terre.

Le système d'irrigation a été choisi en s'appuyant sur les critères suivants :

- la facilité de gestion et la maîtrise du système par les futurs usagers de l'eau d'irrigation ;
- l'adaptabilité aux différentes cultures à pratiquer sur le périmètre.

Ce choix est motivé essentiellement par la pratique de la riziculture. En plus, les casiers existants sont tous aménagés suivant ce système, donc l'irrigation gravitaire s'avère être la technique la mieux adaptée à notre contexte.

Quant au profil des canaux, la forme trapézoïdale a été retenue à cause de sa facilité de mise en œuvre et surtout elle offre moins de résistance aux poussées latérales.

Les avantages et des inconvénients de ce système sont :

Avantages de ce système :

- technique ancienne, bien connue dans la zone et mieux adaptée aux cultures ;
- coût d'investissement faible à la parcelle pour l'agriculteur ;
- alimentation de la nappe phréatique et augmentation de la biodiversité.

Inconvénients du système :

- coûts importants en cas d'ouvrages d'art ;
- pertes d'eau importantes et faible efficience ;
- estimation du volume réellement consommé difficile.

5.3.3. Besoins en eau et paramètres d'irrigation

5.3.3.1. Besoins en eau des cultures :

Comme besoins en eau, nous obtenons les résultats du **Tableau 6** pour les différentes cultures. Les détails des calculs des besoins en eau sont présentés en **ANNEXE 3**.

Tableau 6 : Synthèse du calcul des besoins en eau

Culture	Besoins par Saison (mm)			Besoins nets totaux (m3/ha)	Besoins bruts totaux (m3/ha/an)
	Hivernage	CSF	CSC		
Riz	812		1 307	21 191	32 498,69
Mais	201	547		7 479	14 998,70
Sorgho	171	528		6 989	14 017,19
Tomate		694		6 941	13 919,45
Oignon		681		6 814	13 665,70
Piment		698		6 976	13 990,87
Total	1 184	3 148	1 307	56 390	103 091
CSF : contre saison froide ; CSC : contre saison chaude					

Partant de ces données, on voit que le riz présente la demande la plus élevée soit environ le double des autres cultures. C'est pour cette raison que le riz est considéré comme la culture contraignante.

5.3.3.2. Paramètres d'irrigation

Les paramètres d'irrigation essentiels adoptés sont présentés dans le **Tableau 7** suivant :

Tableau 7 : Paramètres d'irrigation

Paramètre	Symbole	Valeur	Unité
Tour d'eau	T	7	jours
Main d'eau	m	15 à 30	l/s
Quartier hydraulique	w	5.5 à 10	hectares
Temps d'irrigation	t	12	heures

Temps d'irrigation : l'option pour adopter cette durée est justifiée par les particularités de l'irrigation dans ce cas, qui nécessite une plus grande présence et attention de l'irrigant, donc un plus grand soin à la pratique de l'irrigation. En outre, ça va permettre une plus grande marge pour allonger le temps d'irrigation pour s'adapter à des situations plus défavorables.

Main d'eau : la main d'eau, paramètre fondamental pour le dimensionnement du réseau d'irrigation, correspond au débit d'arrosage que peut maîtriser l'irrigant.

Quartier hydraulique : c'est l'unité hydraulique gérable par un groupe d'agriculteurs disposant d'une main d'eau. La variation de la taille des quartiers hydrauliques est due à la topographie du terrain qui n'est pas régulière.

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

Les débits d'équipements calculés sont présentés dans le **Tableau 8** ci-après :

Tableau 8 : Débits d'équipements des canaux

Saison/ Culture	Riziculture		Polyculture	
	CSC	Hiver	CSF	Hiver
Période de pointe (moi)	Mars	Juillet	Mars	Octobre
Besoin de pointe de la plante (mm/mois)	401	253	178	75
Débit en tête du tertiaire (l/s/ha)	4.14	2.62	2.41	1.02
Débit en tête du secondaire (l/s/ha)	4.36	2.76	2.50	1.10
Débit en tête du réseau (l/s/ha)	4.59	2.90	2.60	1.20

Les débits d'équipement théoriques calculés en tête du réseau, à prendre en considération pour le dimensionnement des infrastructures sont de 2,9 l/s/ha pour la riziculture et 1.20 l/s/ha pour la polyculture (en hivernage). Ce qui traduit un taux d'exploitation de 63% en contre saison.

Evidemment, le taux de 63% est considéré comme une valeur maximale à adapter pour chaque année selon la disponibilité en eau.

Il ressort des observations sur la pratique habituelle dans le casier que le périmètre est exploité rarement à plus de 50% en contre saison (rapport de l'étude socio-économique de la plaine de San, 2018). Ce qui nous offre une marge supérieure quant à la capacité des canaux. De plus, l'utilisation des modules à masque (débit normé) impose un débit d'équipement de fonctionnement plus élevé.

5.3.4. Adéquation de la ressource en eau disponible avec la demande

La simulation a été faite sur la base des hypothèses ci-dessous :

- la simulation est faite en considérant un taux d'intensification de 160% qui est la capacité maximale du réseau en ajoutant la demande des anciens périmètres;
- les débits du fleuve à prendre en compte sont ceux observés en quinquennale sèche ;
- la demande en eau est évaluée en supposant les mêmes débits d'équipements pour l'APD et l'extension.

En s'appuyant sur ces hypothèses, nous obtenons les résultats suivants (voir **Figure 10** et **Figure 11**) pour les deux cas :

Cas 1 : situation actuelle (519.67 ha en hivernage et 311.80 ha en contre saison)

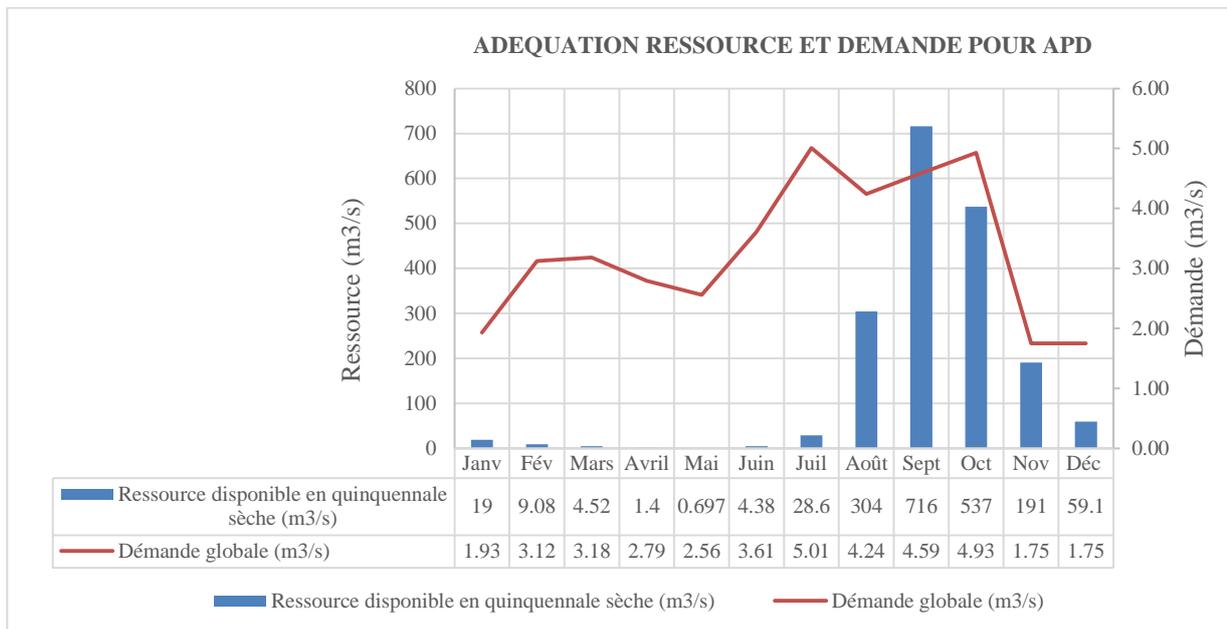


Figure 10 : Comparaison des débits pour la phase d'APD

Ce graphique dénote que la demande sera couverte par la ressource en eau disponible, autrement dit, le pompage est possible pour la campagne hivernale. Mais pour la campagne de contre saison, plus précisément au cours des mois d'avril et de mai, le débit appelé est supérieur au débit disponible, ce qui pose le problème d'irrigation pendant cette période coïncidant avec la culture du riz de contre saison. Donc ces résultats traduisent l'insuffisance de la ressource du Baní pour couvrir les besoins en eau du riz en contre saison.

Cas 2 : extension du casier (1519.67 ha en hivernage et 911.80 ha en contre saison)

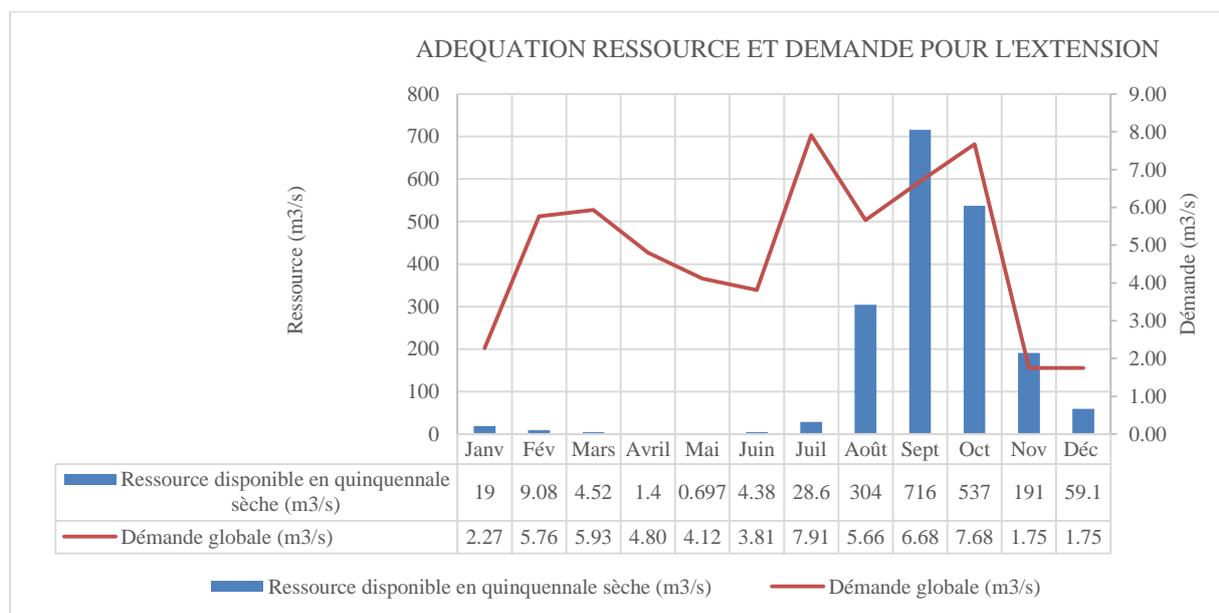


Figure 11 : Comparaison des débits pour l'extension du casier de Tiekelesso

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

Quant à l'extension du casier, on observe les mêmes résultats, le pompage pourra s'effectuer dans le fleuve pour couvrir la demande en hivernage. Par contre, en contre saison le débit observé sera insuffisant pour satisfaire les besoins en eau des cultures, plus précisément au cours des mois de mars, d'avril et de mai.

En somme, nous pouvons retenir à partir de ces résultats que :

- les débits observés dans le Bani en quinquennale sèche permettent le pompage en vue de l'irrigation du périmètre de Tiekelesso et son extension pendant la campagne hivernale ;
- pour la campagne de contre saison, la ressource en eau disponible ne permet pas la pratique de la riziculture, plus précisément dans la période allant de mars à mai. Cependant, il faudrait maximiser dans la pratique des cultures de diversification et minimiser la pratique de la riziculture à cette période.

5.3.5. Schéma d'aménagement du périmètre

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 primaires sont alignés sur les lignes de crête, en prenant soin toutefois d'éviter les zones trop sableuses ;
- les canaux secondaires sont tracés perpendiculairement aux courbes de niveau et comportent un ou plusieurs biefs, selon la pente du canal ;
- les canaux tertiaires suivent sensiblement les courbes de niveau ;
- le réseau de drainage suit généralement les dépressions. Il est constitué des drains tertiaires implantés en limite des quartiers hydrauliques pour le drainage des parcelles, de drains secondaires positionnés de manière à collecter les eaux conduites par les drains tertiaires et des drains primaires servant d'exutoire aux drains secondaires.

L'application des principes ci-dessus a conduit à :

- un réseau d'irrigation composé d'une tête morte de 1546.4 ml, d'un canal adducteur de 4439.69 ml, d'un canal primaire de 1378.51 ml desservant 8 canaux secondaires sur un linéaire total de 10508.86 ml dont un sous-secondaire, les secondaires desservent à leur tour 62 canaux tertiaires de 20431.13 ml ;
- et un réseau de drainage constitué de 63 drains tertiaires de 26640.48 ml implantés en limite des quartiers hydrauliques pour le drainage des parcelles, de 8 drains secondaires de 9780.30 ml positionnés de manière à collecter les eaux conduites par les drains tertiaires, un drain primaire de 3399.23 ml servant d'exutoire aux drains secondaires et un drain collecteur de 5905.03 ml qui se jette dans un autre collecteur existant.

Le tracé des réseaux primaires d'irrigation et de drainage est présenté sur la **Figure 12** :

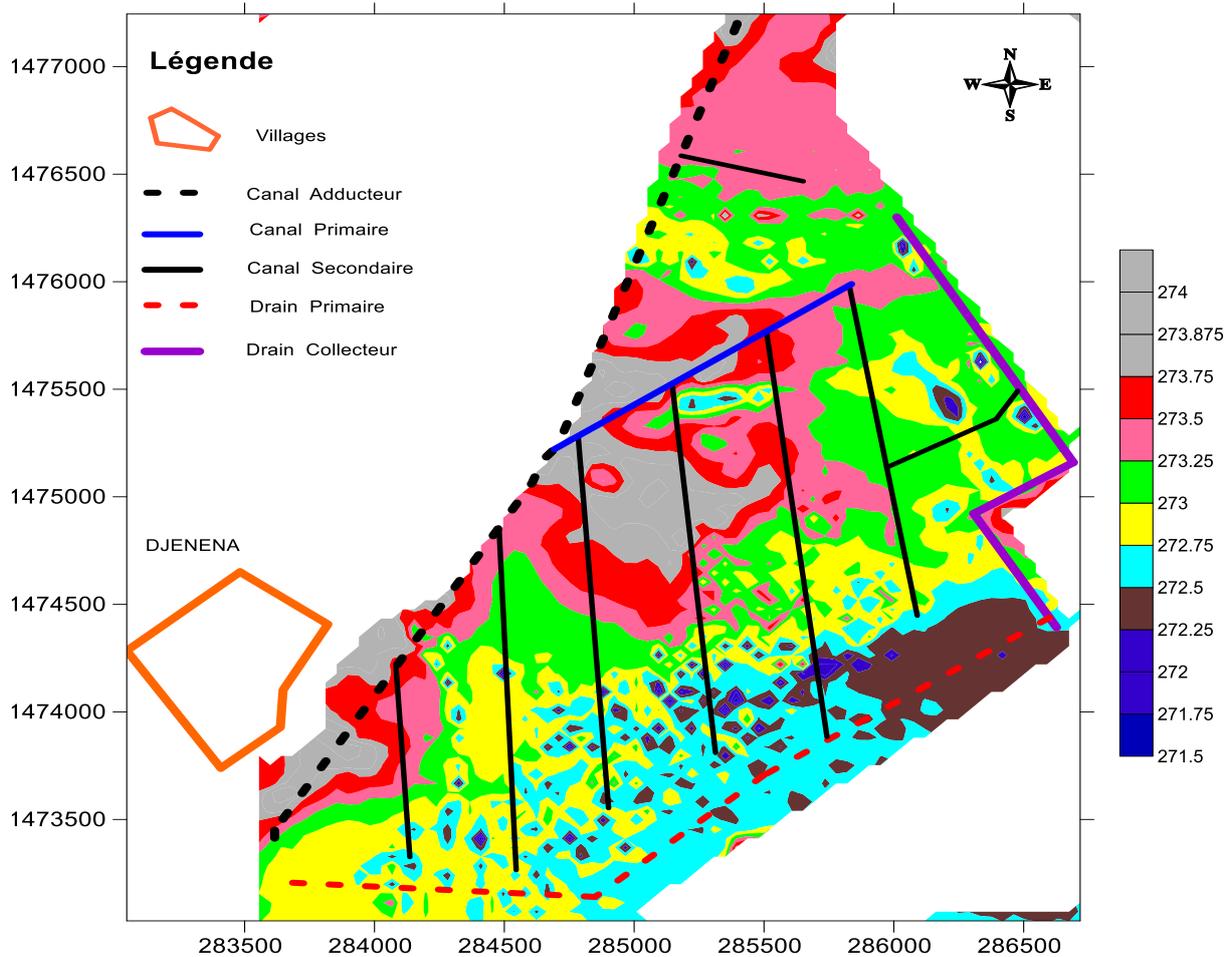


Figure 12 : Tracé des canaux (primaires et secondaires) et drains primaires

Le schéma complet de l'aménagement (avec tous les canaux) est présenté en **ANNEXE 8**.

❖ **Structuration du périmètre :**

Quartier hydraulique : c'est l'unité hydraulique gérable par un groupe d'agriculteurs disposant d'une même main d'eau.

Îlot d'irrigation : c'est la superficie dominée par un canal tertiaire. Pour ce cas précis, l'îlot d'irrigation et le quartier hydraulique sont identiques.

Secteur hydraulique : c'est la superficie dominée par un canal secondaire.

Bloc hydraulique : c'est par la superficie dominée par un canal primaire.

5.3.6. Calage et caractéristiques des canaux et des drains

5.3.6.1. Débits de dimensionnement :

Le débit de dimensionnement des canaux dépend essentiellement du type de l'ouvrage de prise installé. Ces débits varient de **15 l/s** à **30 l/s** pour les canaux tertiaires et de **100 l/s** à **240 l/s** pour les canaux secondaires ; le débit des canaux primaires dépend du nombre de secondaires et de tertiaires qu'ils desservent (voir les détails dans les notes de calcul en **ANNEXE 3**).

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

Les drains sont dimensionnés en considérant les débits suivants dans le **Tableau 9** suivant:

Tableau 9 : Débits de dimensionnement des drains

Drain	Hypothèses		Débit retenu (l/s/ha)
	Qp (l/s/ha) pour une pluie de 90 mm	Qv (l/s/ha) pour une lame d'eau de 15 cm	
Tertiaire	2,51	2,89	2,89
Secondaire	90% des parcelles sont drainées		2,60
Primaire	80% des parcelles sont drainées		2,31

Le débit de drainage retenu correspond au débit de vidange des parcelles, ce qui traduit la vidange complète d'une parcelle recouverte de **150 mm** d'eau pendant **6 jours**.

5.3.6.2. Côtes de calage et dimensions des canaux et drains :

Concernant le calage des canaux d'irrigation, les calculs 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. La **Figure 13** montre le profil du canal primaire CP1.

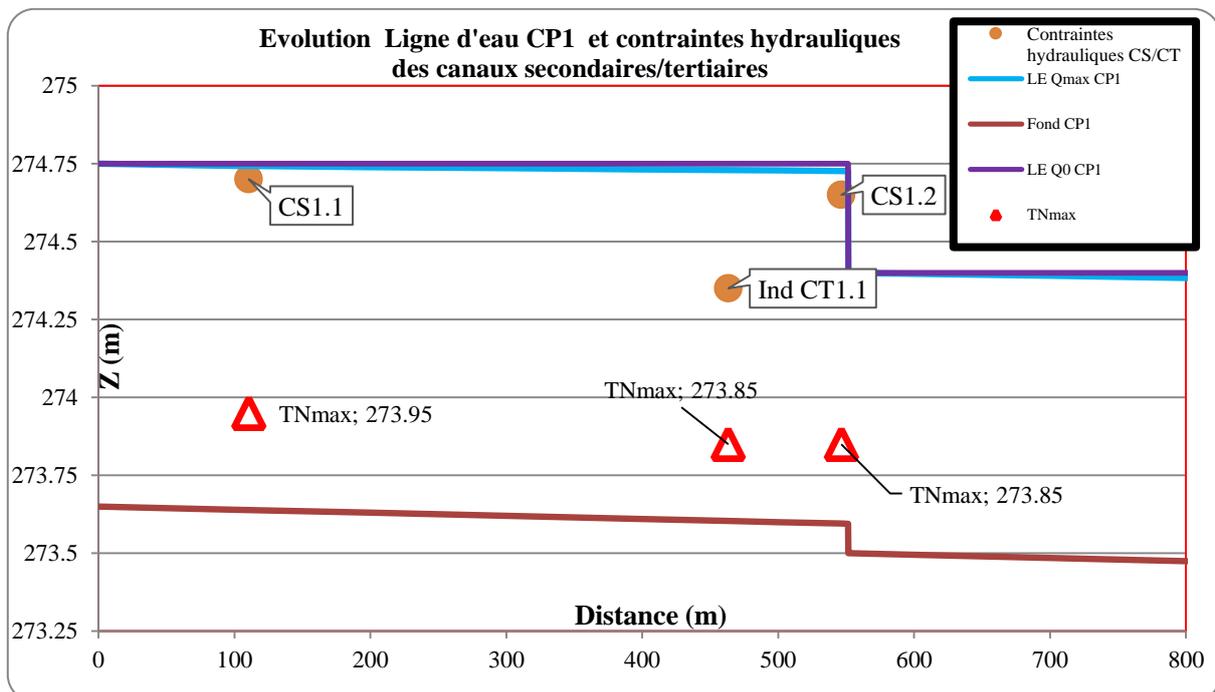


Figure 13 : Côtes de calage du CP1 (PM 0 à 800)

Quant aux drains, ils 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.

La **Figure 14** montre le profil du drain principal DP1.

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

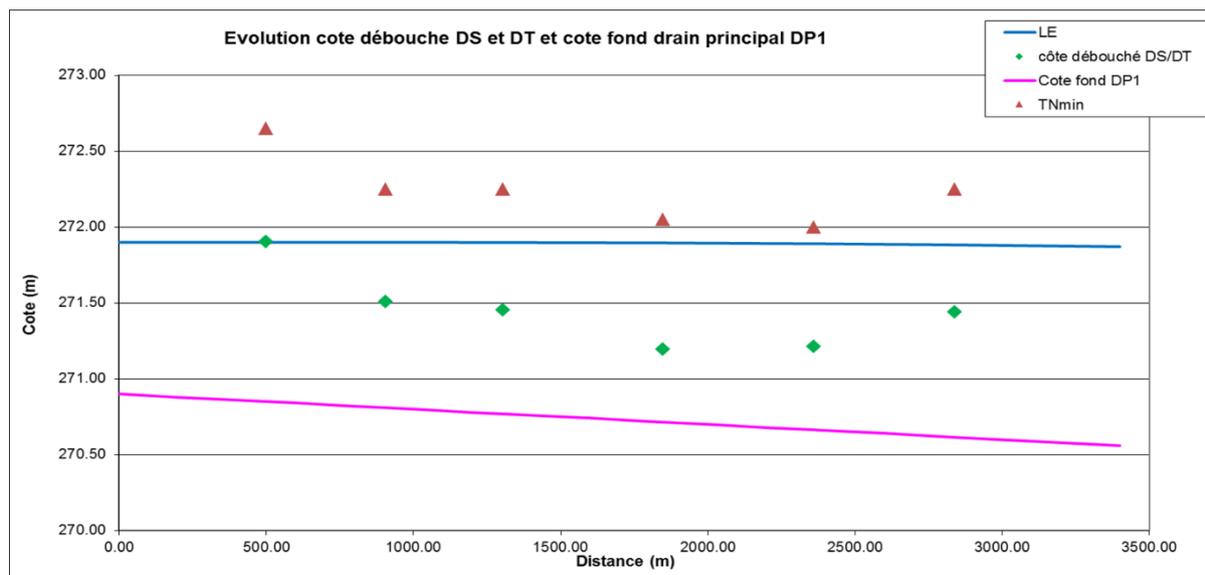


Figure 14 : Côtes de calage du DP1

Les résultats du dimensionnement des canaux et des drains sont récapitulés dans les **Tableau 10** et **Tableau 11** ; et les autres détails sont fournis dans les notes de calcul en **ANNEXE 3**.

Tableau 10 : Récapitulatif du dimensionnement et du calage des canaux

Caractéristiques	Canal adducteur et Tête morte	Canal primaire	Canaux secondaires	Canaux tertiaires
Tirant d'eau (m)	2,00 à 1,80	1,10 à 0,79	0,60 à 0,40	0,25
Largeur au plafond (m)	3,00 à 2,00	1,50 à 0,80	0,60 à 0,50	0,40
Revanche d'eau (cm)	30	30	20	20
Fruit des talus intérieurs	3/2	1/1	1/1	2/1
Fruit des talus extérieurs	3/2	3/2	3/2	3/2
Largeur en crête des cavaliers (m)	2	1	1	0,7
Vitesse (m/s)	0,17 à 0,004	0,36 à 0,03	0,36 à 0,04	0,13
Pente du fond du canal (cm/km)	10 à 5	10	10	15 à 5
Pente d'énergie (cm/km)	0,745 à 0	6,69 à 0,06	23,59 à 0,29	Nulle

Tableau 11 : Récapitulatif du dimensionnement et du calage des drains

Caractéristiques	Drain collecteur	Drain primaire	Drains secondaires	Drains tertiaires
Tirant d'eau (m)	1,57 à 1,10	1,31 à 1,00	0,68 à 0,35	0,30
Fruit des talus intérieurs	3/2	3/2	3/2	3/2
Fruit des talus extérieurs	3/2	3/2	3/2	3/2
Vitesse (m/s)	< 0,15	< 0,1	< 0,1	0,20
Largeur au plafond (m)	4	4 à 3	2	0,5 à 0,3
Pente du fond du drain (cm/km)	10	10	20	10
Pente d'énergie (cm/km)	4,24 à 0,05	2,21 à 0,04	9,20 à 0,10	Nulle

Le réseau de drainage est dimensionné pour vider la parcelle de riz recouverte d'une lame d'eau de 150 mm en 6 jours, et évacuer en 3 jours une pluie exceptionnelle de 90 mm auxquelles il

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

faut retrancher l'évaporation et la percolation. A titre de comparaison, en zone Office du Niger située dans la même zone climatique, il a été proposé de calibrer les drains tertiaires de manière à évacuer la pluie quinquennale en cinq jours soit 85 mm moins 25 mm pour l'évaporation, ou 60 mm en 5 jours, ou 1,4 l/s/ha (AHT/BETICO, 2011).

5.3.6.3. Revêtement des canaux :

Comme indiqué plus, nous optons pour un revêtement en béton armé constitué de joints transversaux. Les inconvénients de ce type de revêtement sont le coût élevé et la sensibilité face aux sous pressions, et son avantage est la durée de vie grande.

Le Fascicule 74 préconise que les parois d'étanchéité des canaux ne soient pas armées. Cependant, le béton ordinaire sans armatures est sujet à être endommagé par des pressions hydrostatiques ou autres. En contrepartie, l'emploi du béton armé permet d'empêcher que les plaques fissurées se séparent du reste de l'ouvrage (M. OURAHOU, 2004).

L'épaisseur du revêtement retenu est de **10 cm** pour plus de sécurité et pour une mise en œuvre plus aisée, et l'espacement des joints transversaux sera de **5 m**.

Les caractéristiques du revêtement des canaux sont fournies dans le **Tableau 12** ci-après :

Tableau 12 : Caractéristiques du revêtement des canaux

Canal	Adducteur et tête morte	Canal primaire	Canaux secondaires
Epaisseur des parois (m)	0.10	0.10	0.10
Epaisseur du radier (m)	0.20	0.20	0.20
Armatures			
Suivant longueur (cm ² /ml)	2.50	2.50	2.50
Choix	5HA8 (2.51 cm²)		
Espacement (cm)	18.6		
Suivant largeur (cm ² /ml)	1.50	1.50	1.50
Choix	3HA8 (1.51 cm²)		
Espacement (cm)	31.5		
Radier en double nappe suivant les deux sens (cm ² /ml)	2.3	2.3	2.3
Choix	5HA8 (2.51 cm²)		
Espacement (cm)	18.6		
Enrobage (cm)	3	3	3
Joints transversaux			
Espacement (m)	5	5	5
Largeur (cm)	1.5	1.5	1.5
Profondeur (cm)	3.33	3.33	3.33

5.3.6.4. Simulation des canaux :

Le canal adducteur et le drain collecteur ont été dimensionnés en prenant en compte l'extension de Tiekelesso. Cependant, seul le canal adducteur a fait l'objet d'une simulation en augmentant son débit. Cette opération a pour objectif d'éviter toute modification géométrique de sa section dans le cadre des aménagements futurs (car il sera fait en revêtement).

Nous obtenons un débit d'extension au bouchon d'environ **2.93 m³/s** soit une superficie nette supplémentaire pouvant être irriguée d'environ **1010 ha**, avec des vitesses d'écoulement acceptables (variant entre 0.3 m/s à 0.5 m/s) et des pentes d'énergie légèrement plus fortes (variant de 3 cm/km à 5 cm/km). Voir les résultats détaillés de la simulation en **ANNEXE 3**.

Quant au drain collecteur, il a été préalablement surdimensionné pour permettre la collecte d'un plus grand débit. En outre, il sera fait en terre, donc il pourra subir une légère modification de sa section si sa capacité devenait faible face à la demande.

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

Ces ouvrages assurent, une alimentation convenable des parcelles pour le réseau d'irrigation et un drainage efficace des parcelles pour le réseau de drainage. Ils ont été sélectionnés en fonction de la capacité des canaux et de la nécessité d'utilisation.

5.3.7.1. Prises des canaux

Canaux primaires : les canaux primaires seront équipés de vannes automatiques AVIS.

Les vannes AVIS sont des vannes à fonctionnement automatique, qui ont pour rôle de maintenir le niveau d'eau constant à l'aval dans le canal et cela quel que soit la charge en amont de la vanne. Elles sont caractérisées par deux dimensions : le rayon **r** du flotteur et la largeur **b** du tablier au radier du pertuis, soit les grandeurs (**r/b**).

Concernant le fonctionnement des vannes AVIS, le plan d'eau juste en aval, détermine la position d'ouverture de la vanne. Ce plan d'eau reste compris entre 2 niveaux limites, à savoir :

- le niveau maximal **PE_{max}** s'établit lorsque le débit appelé est nul, la vanne se ferme complètement;
- le niveau minimal **PE_{min}** s'établit lorsque le débit appelé est maximum, la vanne s'ouvre complètement .

La différence de niveau $\Delta PE = PE_{max} - PE_{min}$, dénommée décrément, est de l'ordre de 5 à 15 cm suivant l'importance de la vanne.

Les prises des vannes automatiques sont équipées d'une vanne de garde. La fonction de la vanne de garde est de pouvoir fermer le bief du canal en cas de travaux ou en cas d'urgence. Durant la saison d'irrigation la vanne de garde doit rester complètement ouverte. Le **Tableau 13** donne les caractéristiques des Vannes AVIS à installer.

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

Tableau 13 : Caractéristiques des Vannes AVIS pour les prises des canaux primaires

Canal	Q max total	Q projet actuel	PEmax amont (Q0)	PEmin amont (Qmax)	PEmax aval (Q0)-Axe de la Vanne	PEmin aval (Qmax)	Décrément > r/20 < r/10	Type Vanne AVIS	JM	Bassin de dissipation	
										X	P
-	l/s	l/s	m (1)	m (2)	m (3)	m (4)	cm (5)=(3-4)	- AVIS (r/b)	cm	m	cm
CA	5249	1769	275.60	275.45	275.11	275.05	5.5	110/212	80	0.83	20
CP1	1021	1021	275.05	275.04	274.80	274.75	4.5	71/132	50	0.45	20

Canaux secondaires et tertiaires : ces canaux seront équipés de module à masque de type XX2 pour les secondaires et X2 pour les tertiaires.

Les modules à masques NEYRTEC sont des appareils de prise d'eau, utilisés pour effectuer sur des écoulements d'eau à surface libre, des prélèvements selon des débits constants, ajustables à volonté. Ils se présentent sous la forme d'ensembles métalliques monoblocs qu'il suffit de sceller à une bonne côte dans des maçonneries adéquates.

Le réglage du débit s'effectue en ouvrant ou en fermant complètement des vannettes de largeur différentes, échelonnées selon le principe des boîtes de poids. Une fois l'appareil verrouillé, le débit prélevé reste sensiblement constant, même si les plans d'eau amont et aval présentent quelques variations.

Le **Tableau 14** donne le récapitulatif des modules à masques et les détails sont fournis en **ANNEXE 3 :**

Tableau 14 : Récapitulatif des modules à masques pour les prises secondaires et tertiaires

Canal/ Module	X2 15	X2 20	X2 25	X2 30	X2 120	XX 2 20	XX2 100	XX2 150	XX2 160	XX2 200	XX2 230	XX2 240	Total/ canal
CS1G				3									
CS2G	1	5	1										7
CS3G		2	3	1									6
CS1.1D	2		6	1									9
CS1.2D		2	5	1		1							9
CS1.3D		2	6										8
S/CS1.4G		1	1	2									4
CS1.4D		2	1	1	1	1							6
CP1		2		1						1	2	1	7
CA			4	5			1	1	1				12
Total/ type	3	16	27	15	1	2	1	1	1	1	2	1	71
X ou XX désigne le type de module; le premier chiffre (2) désigne le nombre de masque; et le nombre qui suit est le débit du module (15, 20 etc)													

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

Les rigoles d'irrigation : elles seront équipées des ouvrages préfabriqués en béton muni d'une vanne TOR (Tout ou Rien). Elles seront constituées d'une tête amont en béton armé et d'un PVC Ø 100 traversant le cavalier de l'arroseur.

Sachant que le plan d'eau dans l'arroseur dépend uniquement de l'ouverture et fermeture des prises arroseurs, la ligne d'eau est pratiquement horizontale dans l'arroseur, les prises des rigoles sont ainsi installées à la même côte sur le même bief d'un arroseur.

5.3.7.2. Ouvrages de régulation des canaux

Canaux primaires : les canaux primaires fonctionneront en régulation par aval par des vannes plates à crémaillères. L'avantage de leur utilisation est la perte de charge minimale.

Dans ce système de régulation, le régime d'eau (débit et niveau d'eau) est commandé par celui situé à l'aval. Les cavaliers des canaux sont calés par rapport à la ligne d'eau à Q0.

La **Figure 15** ci-après montre le principe de fonctionnement de ces canaux.

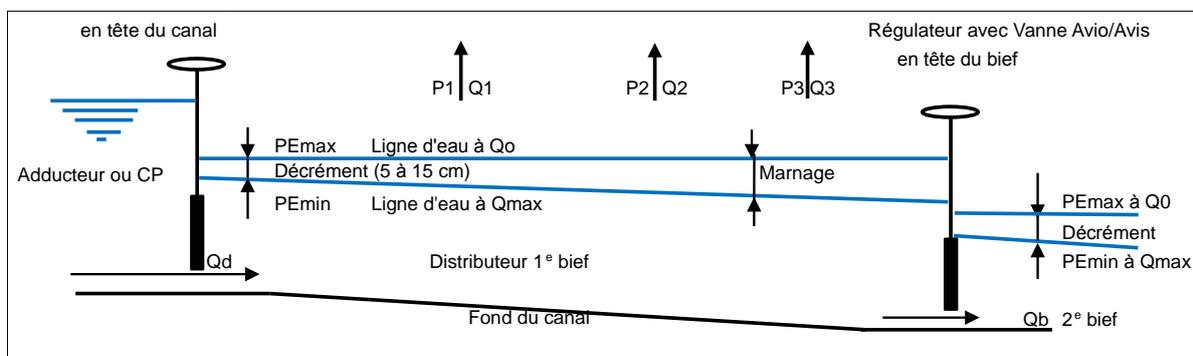


Figure 15 : Canal en régulation par l'aval

Les caractéristiques de ces ouvrages sont fournies dans le **Tableau 15** ci-après :

Tableau 15 : Caractéristiques des vannes plates à crémaillères

Canal	PM	R	Qmax total	Q projet actuel	PE max amont (Q0)	PEmin amont (Qmax)	PEmax aval (Q0)	PE min aval (Qmax)	Dalot			Vanne
									V	H	B	
-	m	-	l/s	l/s	m	m	m	m	m/s	m	m	m
CA	2110	1	3922	442.1	275.05	275.04	274.65	274.55	1	1.96	2	2,2*2,2
CP1	551.4	1	515.7	515.7	274.75	274.73	274.50	274.40	1	1.03	0.5	1,25*0,7
	988.5	2	284.2	284.2	274.40	274.37	274.32	274.22	1	0.57	0.5	0,8*0,7

Canaux secondaires: la régulation sur ces canaux se fera par l'amont par des déversoirs statiques du type Giraudet.

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

Dans la présente configuration, le régime d'eau est commandé par celui situé à l'amont, la source commande. Les cavaliers des canaux sont calés par rapport à la ligne d'eau à Q_{max} .

La **Figure 16** ci-après montre le principe de fonctionnement de ces canaux.

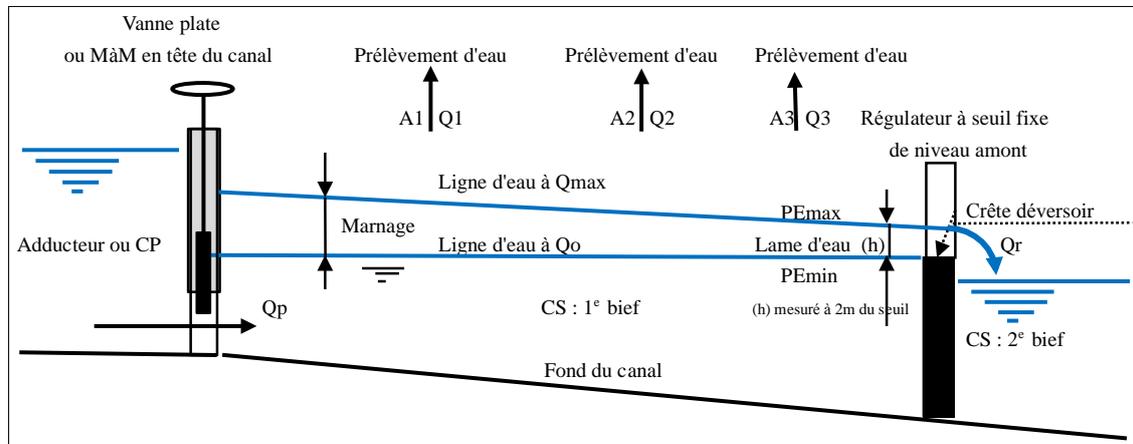


Figure 16 : Canal en régulation par l'amont

Les résultats du dimensionnement des régulateurs sur les canaux secondaires sont fournis dans le **Tableau 16** ci-après :

Tableau 16 : Caractéristiques des ouvrages de régulations sur les canaux secondaires

Canal	R	P.M	PE amont à Q_{max} (m)	Q_{max} (l/s)	h (m)	Longueur déversoir calculée (m)	Côte seuil déversoir (m)	Longueur déversoir à exécuter (m)	Type
CS2G	R1	15.07	274.05	121.05	0.10	2.401	273.95	2.50	Giraudet
CS3G	R1	266.95	274.22	68.42	0.10	1.357	274.12	1.40	Giraudet
	R2	520.25	273.92	47.37	0.10	0.939	273.82	1.00	Giraudet
CS1.1D	R1	610.67	274.45	126.32	0.10	2.505	274.35	2.60	Giraudet
	R2	857.34	274.29	100.00	0.10	1.983	274.19	2.00	Giraudet
	R3	1112.0	273.59	73.68	0.10	1.461	273.49	1.50	Giraudet
CS1.2D	R1	628.89	274.36	121.05	0.10	2.401	274.26	2.50	Giraudet
	R2	1096.2	273.95	68.42	0.10	1.357	273.85	1.40	Giraudet
	R3	1349.8	273.44	42.11	0.10	0.835	273.34	0.90	Giraudet
CS1.3D	R1	737.24	274.09	100.00	0.10	1.983	273.99	2.00	Giraudet
	R2	1388.8	273.75	26.32	0.10	0.470	273.65	0.50	Transversal
CS1.4D	R1	1136.1	273.86	52.63	0.10	1.044	273.76	1.10	Giraudet

5.3.7.3. Ouvrages de sécurité

Tous les canaux primaires (sauf la tête morte) et secondaires seront munis d'un déversoir de sécurité de type latéral positionné en face du drain le plus proche facilitant ainsi l'évacuation des eaux. Les calculs ont donné les résultats suivants dans le **Tableau 17** suivant :

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

Tableau 17 : Caractéristiques des déversoirs de sécurité

Canal	Sup irriguée	P.M.	PEmax à la fin du canal	Débit à évacuer	h	Longueur calculée du déversoir	Côte de calage du déversoir	Longueur du déversoir à exécuter	DN des Buses	Pertuis de vidange
	ha	m	m+	l/s	m	m	m+	m	Ø	m
CS1G	29.5	466.7	273.88	31.6	0.10	0.70	273.93	0.8	300	0,2*0,2
CS2G	47.54	1580.2	273.44	49.1	0.10	1.10	273.49	1.1	300	0,2*0,2
CS3G	49.77	872.50	273.47	50.9	0.10	1.14	273.52	1.2	300	0,2*0,2
CS1.1D	73.48	1714.6	273.29	73.7	0.10	1.64	273.34	1.7	350	0,2*0,2
CS1.2D	70.51	1710.4	273.18	75.4	0.10	1.68	273.23	1.7	350	0,2*0,2
CS1.3D	65.61	1651.1	273.00	66.7	0.10	1.49	273.05	1.5	300	0,2*0,2
S/CS1.4D	35.13	349.78	273.63	36.8	0.10	0.82	273.68	0.9	300	0,1*0,1
CS1.4D	74.41	1542.5	273.31	82.5	0.10	1.84	273.36	1.9	350	0,2*0,2
CPI	308.17	1368.5	274.20	340.4	0.10	7.59	274.25	7.6	700	0,5*0,5
CA	519.67	4414.6	274.55	589.8	0.15	7.16	274.60	7.2	900	0,5*0,5

5.3.7.4. Débouché des drains

Ces ouvrages permettent l'évacuation des eaux de drainage. Ils seront constitués par des buses, pour les canaux primaires et secondaires, et par des tuyaux PVC, pour les canaux tertiaires. Ils seront installés perpendiculairement à la piste du drain et protégés par des enrochements en amont et à l'aval. Les sections des débouchés sont présentées dans le **Tableau 18** ci-après :

Tableau 18 : Caractéristiques des débouchés des drains

Drain	Superficie	Qmax à évacuer	Type	V max	Ks	Pente	D théorique	DN	S	P	V réelle
	ha	l/s	-	m/s	-	-	m	mm	m ²	m	m/s
DC*	522.81	1207.69	Buse	1	70	0.02%	2.25	1200	1.13	3.77	0.44
DP1	347.44	802.59	Buse	1	70	0.02%	1.01	1000	0.79	3.14	0.39
DS	73.48	191.05	Buse	1	70	0.02%	0.49	500	0.20	1.57	0.25
DT	17.95	51.88	Buse	1	70	0.02%	0.26	300	0.07	0.94	0.18
Rigole	1.00	2.89	PVC	0.5	120	0.02%	0.09	100	0.01	0.31	0.15

(*) Pour le DC il faudrait deux rangées de buse de 1200 mm

5.3.7.5. Ouvrages de franchissement

Ces ouvrages facilitent la circulation des personnes et des biens au sein du périmètre. Ils seront faits en combinaison avec les ouvrages d'irrigation et de drainage (prises, régulateurs et débouchés). Ils seront positionnés aux endroits ci-après :

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

- les prises du canal adducteur, du canal primaire, des canaux secondaires sur le principal et des canaux tertiaires sur les secondaires ainsi qu'après les régulateurs ;
- les débouchés du drain collecteur, du drain primaire, des drains secondaires et les débouchés des drains tertiaires sur les secondaires.

Aussi, des franchissements indépendants seront placés aux croisements des canaux et des pistes principales, et en face des villages situés à côté du périmètre pour faciliter son accès. Au total **5** franchissements indépendants sont à exécuter dans le périmètre de Tiekelesso, en plus des ouvrages associés aux ouvrages d'irrigation et de drainage.

Les caractéristiques hydrauliques des ouvrages de franchissement sont résumées dans le **Tableau 19** suivant :

Tableau 19 : Caractéristiques des ouvrages de franchissement

Position	Fonction*	Q (m ³ /s)	Vmax (m/s)	Kc+Kd	L (m)	Js= (Kc+Kd)* V ² /2g	J = j*L (m)	ΔH = Js+J (m)	Type	Dimensions de l'ouvrage		
										D (mm)	L (m)	H (m)
CA/DC	P, F	4.89	1	1.5	5	0.0765	0.42	0.50	Dalot	-	2.4	2
CP1/DP1	P, F	1.02	1	1.5	5	0.0765	0.15	0.22	Dalot	-	1.0	1.0
CS/DS	P, F	0.25	1	1.5	4	0.0765	0.05	0.12	Buse	600	-	-
CT	P	0.03	1	1.5	3	0.0765	0.01	0.08	Buse	250	-	-
(*) P : prise ; F : franchissement (voir plan d'aménagement) ; l'épaisseur des parois = 20 cm												

Dans ce tableau, les dimensions suivantes sont à considérer pour les ouvrages de tête des prises des canaux et pour les ouvrages de franchissement à positionner sur ces canaux.

Le dimensionnement génie civil a concerné les plus grands dalots qui seront sur le canal adducteur et le drain collecteur (voir **Tableau 19**).

Le **Tableau 20** donne le récapitulatif des aciers à mettre en œuvre et les autres détails des calculs sont fournis en **ANNEXE 3**.

Tableau 20 : Résumé des quantités d'aciers du dalot (pertes d'acier incluses)

Élément	Fe E500 (kg)					Béton (m ³)
	HA6	HA8	HA10	HA12	Total	B25
Référence: Mur en aile d'entrée gauche	10.46		16.05	22.59	49.10	1.56
Référence: Mur en aile d'entrée droite	10.46		16.05	22.59	49.10	1.56
Référence: Module (tablier, radier et piédroits)			898.65		898.65	9.60
Référence: Mur en aile de sortie gauche		10.93	28.43	22.42	61.78	1.56
Référence: Mur en aile de sortie droite		17.68	15.99	22.42	56.09	1.56
Total	20.92	28.61	975.17	90.02	1114.72	15.84

5.3.7.6. Ouvrages divers

Lavoir : ce sont des ouvrages en béton armé en forme d'escalier, mis en place sur les talus des canaux primaires. Ils sont destinés aux riverains pour effectuer le lavage, la vaisselle etc. Il est proposé la réalisation d'un lavoir sur le canal adducteur à côté du village de Djenena.

Abreuvoir : une prise d'eau sur le canal adducteur assurera l'alimentation d'un abreuvoir qui est une petite mare en béton. Il permettra l'abreuvement des troupeaux à l'extérieur du périmètre donc moins de dégradations des digues et pistes.

5.3.8. Organisation de l'irrigation

Dans le cas du présent projet, l'irrigation sera organisée par **rotation** suivant un **tour d'eau** commun de **7 jours** pour chaque **unité de rigole**. L'unité parcellaire adoptée est de 1 ha et chaque parcelle sera compartimentée en bassins de 0.25 ha.

Dans cette configuration, le temps d'irrigation dépendra non seulement de la superficie à irriguer par chaque canal tertiaire mais aussi de la culture pratiquée (riziculture ou polyculture). Pour cela, le temps d'irrigation changera en fonction des besoins de 12 h à 16 h par jour.

Les paramètres de base pour cette organisation sont donnés dans le **Tableau 7** plus haut et le programme des irrigations est fourni en **ANNEXE 3**.

5.3.9. Réseau de circulation

Le réseau de circulation comporte les pistes suivantes :

- des **pistes principales** d'accès de 5 m le long des canaux primaires (CA, CP1, DC et DP1) ;
- des **pistes secondaires** d'accès de 4 m le long des drains secondaires ;
- des **pistes tertiaires** de 3 m le long des drains tertiaires, pour assurer l'accès par charrette ou tout autre engin de petit gabarit ;
- des **pistes tertiaires** le long des canaux tertiaires (0.7 m), pour assurer l'accès à pied aux parcelles pour les travaux champêtres et la manipulation des prises de rigoles.

5.3.10. Digue de protection

Deux digues de fermeture de 1739.39 ml assureront la protection du périmètre à savoir :

- une digue de protection nord d'une longueur de 1546, 39 m qui relie le PK0 du canal adducteur au canal principal existant alimentant les anciens casiers;
- une digue ouest sur 193 m qui ferme l'aménagement sur le canal de Djenena.

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

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

Tableau 21 : Caractéristiques des digues de protection

Paramètres	Dimensions
PHE en cinquantennale humide (m)	274,20
Revanche (m)	0,30
Côte de la crête de la digue (m)	274,50
Hauteur maximale de la digue (m)	2,50
Lc KNAPPEN (m)	2,61
Lc PREECE (m)	2,74
Lc Autres formules (m)	2,69
Largeur en crête retenue Lc (m)	4,00
Fruit des talus m	2/1
Largeur à la base Lf max (m)	14,00
Pente en crête	2,50%
couche de latérite sur la crête (m)	0,10
Protection des talus	moellons libres

A cette côte, on constate que la digue ne pourra être inondée qu'à la crue centennale humide qui fait 274,82 mètres. A titre de comparaison, la digue de protection existante est calée à la côte 274 m. Et les anciens aménagements n'ont jamais été inondés selon l'ARPASO.

5.3.10.1. 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**, en utilisant le logiciel **GEO-SLOPE**. La **Figure 17** montre les courbes de rupture et les rapports de sécurité force/moment.

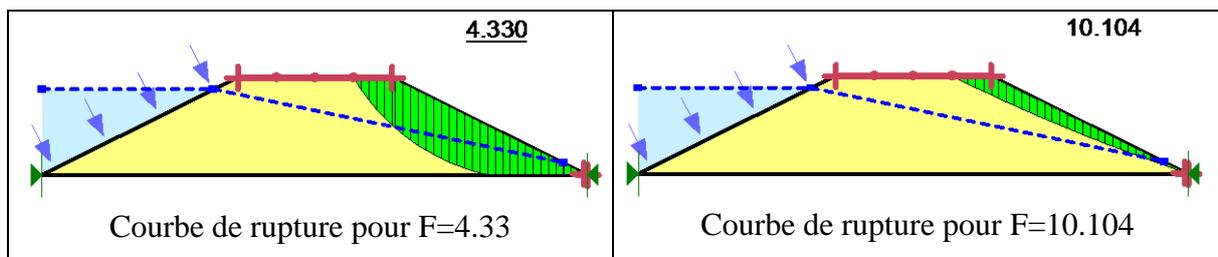


Figure 17 : Résultats de l'étude de stabilité des talus des digues de protection

Le coefficient de sécurité minimal trouvé est supérieur à **1.5**, alors la stabilité des talus des digues est assurée.

5.3.11. Station de pompage

5.3.11.1. Caractéristiques générales des pompes :

La station de pompage, implantée le long du fleuve Bani sera équipée des pompes submersibles du modèle « Flygt ». Au total, quatre (4) pompes d'un débit de 0.54 m³/s chacune assureront l'alimentation du casier à cette phase d'APD.

Les caractéristiques des pompes sont fournies dans le **Tableau 22** ci-après :

Tableau 22 : Caractéristiques des pompes

Débit en tête du réseau (m³/s)	1.77	
Niveau d'aspiration (m)	266.80	
Niveau de refoulement (m)	275.60	
Hg (m)	8.80	
Longueur refoulement en fonte (m)	8.80	
E/D du barreau d'aspiration (m)	0.02/0.02	
Vitesse à l'aspiration (m/s)	2.78	
Vitesse dans le tube (m/s)	2.25	
Pertes à l'aspiration (m)	0.71	
Pertes dans la colonne (m)	0.04	
Pertes singulières (m)	0.26	
Hv (m)	1.01	
HMT (m)	9.81	
Pompe	LL 3400/705 3~ 890	
Q (m ³ /s)	0.54	
Nombre	4	
Rendement (%)	82%	
Puissance mécanique de la pompe (KW)	63.57	
NPHD requis (m)	3.8	
NPHD calculé (m)	8.76	

Pompe Flygt

5.3.11.2. Courbes caractéristiques et point de fonctionnement :

Pour déterminer la courbe caractéristique d'une pompe, on se réfère au diagramme du modèle fourni par le fabricant. Ces courbes d'une concavité vers le bas traduisent le modèle de pompe en fonction des différents diamètres de roue pouvant équiper le modèle.

Le choix de la pompe se fait en traçant la verticale passant par le débit désiré et l'horizontale en passant par la HMT, l'intersection de ces deux droites donne la courbe caractéristique de la pompe à choisir.

Le point de fonctionnement est l'intersection de la courbe caractéristique de la pompe et de la courbe caractéristique du réseau. Cette dernière courbe qui est une parabole d'une concavité vers le haut, est obtenue en déterminant d'autres points en plus de celui qui a servi à choisir la pompe, en recalculant la HMT pour ces débits.

La **Figure 18** montre les courbes caractéristiques des pompes :

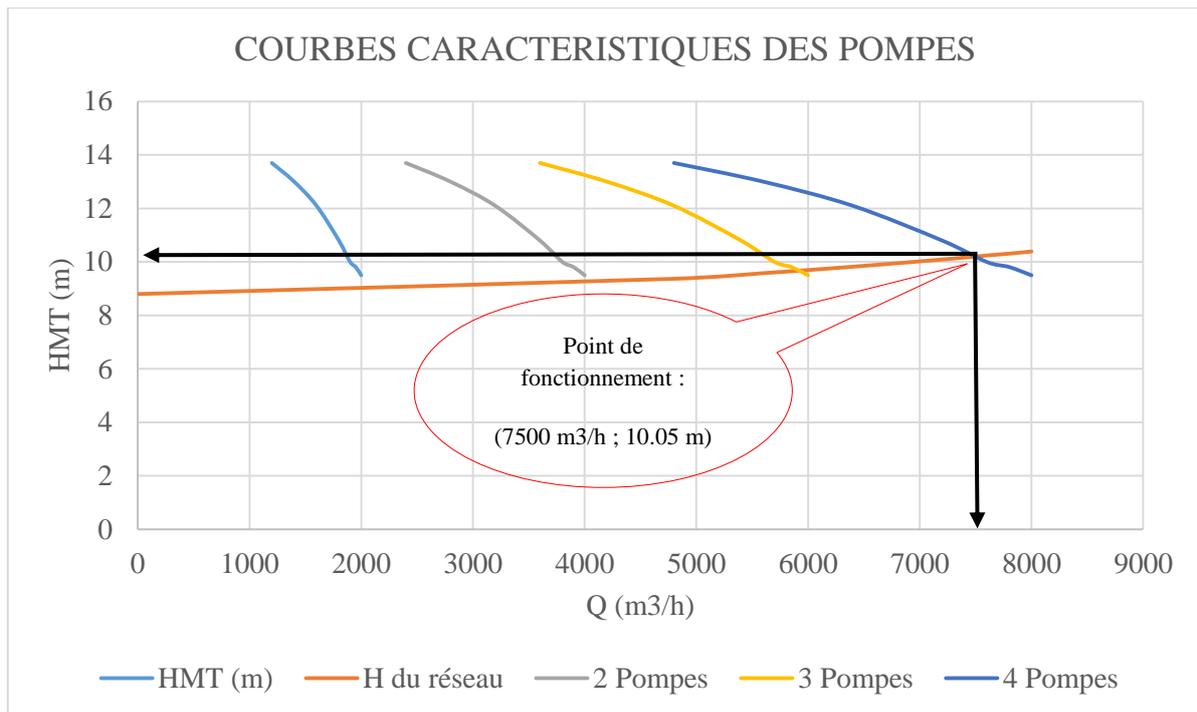


Figure 18 : Courbes caractéristiques des pompes

Sur le graphique ci-dessus, on note le point de fonctionnement suivant : (7500 m³/h ; 10.05 m).

5.3.11.3. Description et fonctionnement de la station de pompage :

La station de pompage sera de type classique, relié au fleuve par un chenal de faible longueur, comportant un puits exhaure et un bâtiment d'exploitation.

Les pompes submersibles « Flygt » seront installées dans des tubes en fonte équipés de grilles à l'aspiration, elles aspirent de l'eau dans le fleuve et la refoulent dans un bassin de réception situé à l'amont de la tête morte.

Le bassin de réception sera muni d'un déversoir de sécurité calé à 5 cm au-dessus de la côte du plan d'eau normale de la tête morte au droit de la station. Son rôle est de réguler le plan d'eau dans le bassin en cas d'un mauvais fonctionnement des équipements.

La station sera alimentée par le réseau moyenne tension de l'EDM.sa qui se trouve à 1.5 km du site et par un groupe électrogène de secours en cas de panne sur le réseau. La puissance requise du transformateur électrique pour faire fonctionner la station est de 520 Kva au minimum, et la puissance unitaire des groupes électrogènes de secours est de 230 Kva de la marque CATERPILLAR. Il faut donc 2 groupes électrogènes pour faire fonctionner les équipements.

Le local technique sera en deux compartiments permettant de loger l'armoire de commande et le tableau général basse tension.

Le catalogue des pompes ainsi que les détails concernant le transformateur électrique et les groupes électrogènes sont donnés en **ANNEXE 3**.

5.3.12. Fonctionnement des réseaux

5.3.12.1. Fonctionnement du réseau d'irrigation :

Des pompes submersibles « flygt » mobilisent la ressource en eau à partir du fleuve Bani, et la refoulent dans le réseau d'irrigation à travers la tête morte. Ce tronçon est un bras mort du réseau qui a pour rôle d'acheminer l'eau jusqu'à la prise du canal adducteur. Le plan d'eau dans ce canal est réguler automatique par la station de pompage.

La distribution gravitaire de l'eau d'irrigation est prévue pour un régime continu d'alimentation en eau (12h à 16h /24h) :

- le dimensionnement du réseau d'irrigation est basé sur un besoin maximum en eau de 2,62 l/s/ha (durant le mois de juillet selon le calcul des besoins en eau) au niveau du tertiaire. Le besoin de 2,62 l/s/ha correspond à 100% de riz pendant la saison des pluies (donc une main d'eau de 25 l/s irrigue environ 10 ha et deux mains d'eau de 50 l/s irriguent 20 ha) ;
- la proposition du plan cultural est la suivante : un taux d'exploitation de 100% pour la campagne A (saison des pluies) et un taux d'environ 60% pour la campagne B (CS).

La régulation du débit est continue sur le réseau :

- canal primaire: commande automatique par l'aval, par des vannes AVIS;
- canal secondaire : commande manuelle par l'amont, par des modules à masques;
- canal tertiaire : commande manuelle par l'amont, par des modules à masques.

Le maintien du plan d'eau (PE) dans l'ensemble du réseau est assuré :

- dans les canaux primaires : par des vannes droites manœuvrables ou à crémaillères;
- dans les canaux secondaires : par des régulateurs à seuil fixe (type bec de canard);
- dans les canaux tertiaires : par des régulateurs à seuil fixe (uniquement dans le cas où la pente du TN est assez forte, à confirmer au moment de l'exécution des travaux) ;
- dans les rigoles ou canaux quaternaires: par obturation du tuyau de vidange et, en fonction de la pente, par la mise en place d'un batardeau en travers de la rigole (à la charge des exploitants).

La mesure des débits aux points de répartition est effectuée :

- en tête du canal primaire : au moyen de vannes AVIS ;
- en tête des canaux secondaires : au moyen de modules à masques (type XX);
- en tête des canaux tertiaires : au moyen de modules à masques (type X);

5.3.12.2. Fonctionnement du réseau de drainage :

Le réseau de drainage évacue hors le périmètre :

- les eaux de pluie excédentaires tombées sur le périmètre ;
- les eaux de ruissellement provenant de l'extérieur du périmètre ;

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

- les eaux d'irrigation excédentaires provenant des fausses manœuvres des conduites de l'irrigation et des vidanges avant les récoltes.

Le fonctionnement des drains est similaire à celui des canaux mais en sens inverse et sans ouvrages à part les débouchés. Le principe de fonctionnement du réseau de drainage est :

- les drains tertiaires collectent les eaux sur chaque parcelle, par l'intermédiaire des rigoles, et les restituent aux drains secondaires, qui drainent à leur tour le secteur d'irrigation ;
- le drain primaire DP1 reprend les eaux des drains secondaires, et les conduit jusqu'au drain collecteur DC ;
- le drain collecteur reprend et restitue l'ensemble des eaux du périmètre dans le drain primaire existant, puis dans le canal piroguier (voir plan d'aménagement) ;
- et enfin, les eaux de drainage sont restituées à l'aval de l'aménagement dans le fleuve.

Les rigoles jouent un double rôle, au moment de l'irrigation elles alimentent les parcelles du quartier hydraulique, et au moment de drainage elles drainent les mêmes parcelles par l'aval.

5.3.13. Planning d'exécution des travaux

La durée prévisionnelle des travaux a été estimée en se référant aux délais d'exécution des projets antérieurs de même nature. Cependant, le délai prévisionnel de l'exécution des travaux de ces 519 ha est de 15 mois hors saison des pluies.

Le planning détaillé des activités est présenté en **ANNEXE 6**.

5.4. Etude des coûts du projet

5.4.1. Estimation des coûts :

L'évaluation des coûts du projet a été faite sur la base des éléments définis tout en prenant en compte leurs charges d'exécution. Ainsi, ces coûts sont composés des coûts d'investissement (études, contrôle, surveillance, aménagements, pistes, construction de magasins).

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.

5.4.2. Récapitulatif des coûts du projet

Le coût net aménagé du projet est estimé à **5 987 480 611 FCFA HT** soit un coût net à l'hectare d'environ **11 514 386 FCFA**. Le **Tableau 23** donne le récapitulatif des coûts du projet :

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

Tableau 23: Récapitulatif des coûts du projet

N°	Rubrique des coûts	Coûts (FCFA)	% du coût
01	Série 1: Installations et services	180 000 000	2.55
02	Série 2: Terrassement pour canal adducteur et tête morte	1 674 372 391	23.70
03	Série 3: Terrassement pour le canal primaire	179 471 009	2.54
04	Série 4: Canaux secondaires	889 047 518	12.58
05	Série 5: Canaux et drains tertiaires	222 939 350	3.16
06	Série 6: Drains secondaires	193 322 580	2.74
07	Série 7: Drain primaire	98 359 057	1.39
08	Série 8: Drain collecteur	157 538 900	2.23
09	Série 9: Dignes de protection	84 835 480	1.20
10	Série 10: Piste principale le long des canaux primaires	82 339 601	1.17
11	Série 11: Aménagement parcellaire	139 100 000	1.97
12	Série 12: Ouvrages	526 346 600	7.45
13	Série 13: Station de pompage	1 179 600 000	16.70
14	Série 14: Bâtiments d'exploitation	39 590 000	0.56
15	Série 15: Recalibrage du réseau de drainage existant	55 500 000	0.79
	Sous Total aménagements sans imprévus	5 702 362 486	80.71
	<i>Imprévus (5%)</i>	285 118 124	4.04
	<i>Sous Total aménagements avec imprévus</i>	5 987 480 611	84.75
	<i>TVA (18%)</i>	1 077 746 510	15.25
	<i>Coût global du projet TTC</i>	7 065 227 121	100.00
	<i>Coût à l'hectare</i>	11 514 386	0.16

La **Figure 19** ci-après montre la répartition des coûts du projet :

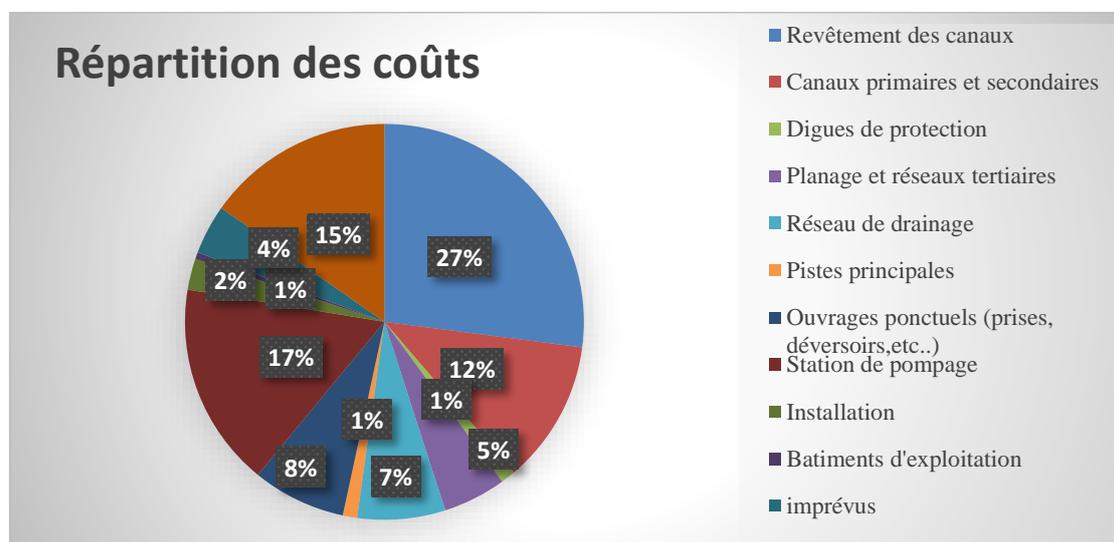


Figure 19 : Répartition des coûts

Le graphique ci-dessus montre l'importance des coûts du revêtement des canaux qui représentent environ 27% des coûts du projet.

Notons également que le canal adducteur, le drain collecteur et la station de pompage seront réalisés à leurs sections définitives, ce qui a un impact important sur le coût du projet (en tenant compte de l'extension du casier).

5.5. Etude d'impact environnemental et social

La réalisation du projet d'aménagement des terres agricoles implique des impacts négatifs et positifs depuis sa mise en œuvre jusqu'à l'exploitation.

5.5.1. Cadre législatif régissant le projet

Au Mali, pour le moment il n'existe pas de code spécifique de l'environnement, cependant le cadre de vie et l'environnement, y sont protégés par divers textes législatifs et réglementaires portant sur la gestion de la propriété, des ressources naturelles, les pollutions et nuisances. Il apparaît alors que le projet d'aménagement de San ouest est régi par plusieurs textes législatifs et réglementaires dont entre autres :

✓ Constitution du Mali :

La Constitution du Mali adoptée le 25 février 1992, est fondée sur un nombre de principe démocratique. Le préambule de la constitution proclame « que le peuple souverain du Mali s'engage à assurer l'amélioration de la qualité de la vie, la protection de l'environnement ». De même, l'article 15 de la constitution stipule que « la protection de l'environnement et la promotion de la qualité de la vie sont un devoir pour tous et pour l'Etat ».

✓ Application des textes de l'Environnement

La loi n° 01- 020 du 30/05/2001 relative aux pollutions et aux nuisances fixe les principes fondamentaux du contrôle des pollutions et des nuisances. Elle abroge toutes dispositions antérieures contraires, notamment la loi n°91-047/AN-RM du 23 février 1991, relative à la protection de l'environnement et du cadre de vie. Elle constitue en fait la consistance des textes de gestion de l'environnement, des études d'impact sur l'environnement concernant les grands travaux ainsi que tous les projets. Par grands travaux, ce texte entend entre autres (article 4 alinéa 5) : la construction de routes, d'aéroports, de chemins de fer, d'aérodrome, de périmètres hydro agricoles. L'aménagement du périmètre de Tiekelesso rentre donc dans ce cadre.

5.5.2. Identification et évaluation des impacts

Les récepteurs d'impacts (ou composantes du milieu) susceptibles d'être affectés par le projet correspondent aux éléments sensibles de la zone d'étude, c'est-à-dire ceux susceptibles d'être modifiés de façon significative par les activités (ou sources d'impacts) liées au projet.

Les principales sources d'impacts les plus significatives sont résumées comme suit :

• Phase de pré-construction :

- libération des espaces occupés par certains hameaux, les exploitations agricoles en hors casiers, en submersion contrôlée ou de parcs d'animaux ;
- aménagement des sites de construction et d'infrastructures ;
- déboisement, déblayage et défrichement des voies de passage ;

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

- aménagement des sites éventuels de regroupement des hameaux et autres.
- **Phase de construction :**
 - creusement de carrières et de zones d'emprunts ;
 - terrassements ;
 - travaux de revêtements en béton, d'ouvrages divers, d'installation d'équipements,... etc.
- **Phase de fonctionnement et d'entretien :**
 - activités agricoles ;
 - fonctionnement du périmètre ;
 - utilisation d'intrants agricoles (pesticides, engrais et autres) ;
 - entretien équipements et canaux ;
 - environnement humain : activités économiques, santé, questions foncières, emploi.

Les principaux récepteurs d'impacts sont : l'air, le sol, les eaux de surface, les eaux souterraines, le milieu biologique et le milieu humain.

5.5.3. Plan de gestion environnemental et social

Le plan de gestion environnemental et social (PGES) a pour but de définir et de conclure un accord avec le promoteur du projet OMB/ARPASO, sur la gestion écologiquement durable des impacts de son projet, en impliquant toutes les parties concernées durant les travaux et si possible en phase d'exploitation du projet.

Le plan de gestion environnemental et social est présenté en **ANNEXE 5**.

6. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

En conclusion, nous confirmons le bon calage des infrastructures en vue de l'aménagement d'une superficie nette de 519 ha dans le casier de Tiekelesso situé dans la plaine de San-Ouest, en double culture du riz, du maïs, du sorgho et en culture maraichère (tomate, oignon et piment) avec un taux d'intensification maximal de 160%. L'irrigation de cette superficie se fera à travers un réseau gravitaire constitué des canaux à ciel ouvert à partir du fleuve Bani par pompage.

La capacité du réseau projeté permettra l'irrigation d'une superficie supplémentaire d'environ 1000 ha (superficie nette) avec un débit d'extension de 2.93 m³/s, sans perturber le fonctionnement des 519 ha qui seront aménagés dans le cadre de cette étude.

Le périmètre est protégé contre la crue cinquantennale du fleuve Bani (274.20 m), et contre les eaux de ruissellement provenant de l'extérieur (avec la position haute du canal adducteur du côté ouest et la présence des canaux et des zones déjà aménagées des autres côtés).

Cependant, les études ont révélés que, pour la campagne hivernale la ressource en eau disponible est suffisante pour assurer l'irrigation d'appoint du casier. Par contre, pour la campagne de contre saison, les débits disponibles dans le fleuve ne permettent pas le pompage en vue de l'irrigation du casier.

Le coût de l'aménagement s'élève à 5 987 480 611 FCFA HT soit un montant à l'hectare de 11 514 386 FCFA y compris les ouvrages structurants qui sera financé par Lux Dev, pour un délai d'exécution de 15 mois hors saison des pluies.

❖ RECOMMANDATIONS

Concernant les réseaux d'irrigation et de drainage :

Nous recommandons pour un bon fonctionnement du réseau hydraulique et des aménagements pérennes, un entretien correct et régulier ainsi que le respect des consignes de gestion de l'eau. Car la pérennité d'un aménagement dépend essentiellement de l'entretien qui y est effectué. Cependant, afin que cet aménagement assure pleinement sa fonction il est important de veiller aux activités suivantes :

- l'entretien périodique qui concerne les travaux de nettoyage des canaux d'irrigation et de drainage (deux fois par an en général);
- l'entretien courant qui consiste en des travaux de maintien de structure du réseau pour arrêter les éventuelles dégradations;
- l'entretien urgent (interventions localisées) qui consiste à réparer les accidents survenus sur le réseau (panne sur les ouvrages, ou des brèches sur les canaux par exemple).

Concernant la mise en valeur agricole du périmètre et l'optimisation de la ressource :

Puisque l'option de mise en valeur de la plaine de San-Ouest, retenue est la riziculture, qui consomme beaucoup d'eau, et en tenant compte des limites d'exploitation de la ressource disponible qui diminue considérablement en période d'étiage, il est important de :

- revoir la période de mise en culture du riz de contre saison afin d'éviter les mois critiques (mars à mai), sinon renoncer tout simplement au riz de contre saison en exploitant le périmètre à 100% en riz pendant l'hivernage et maximiser dans la pratique des cultures de diversification en contre saison;
- de mener régulièrement des campagnes de sensibilisation auprès des exploitants contre le gaspillage de l'eau ;

Comme perspectives d'aménagement, nous proposons, dans le cadre des aménagements futurs dans la zone :

- d'envisager la possibilité d'exploiter la nappe souterraine pendant la contre-saison ou de réutiliser les eaux de drainage après un traitement efficace ;
- de stocker une certaine quantité d'eau en période de crue utilisable pour l'alimentation en eau du périmètre pendant la contre saison.

BIBLIOGRAPHIE

- A. ANDRIANISA, H. (2014, mars). Cours de Pompes et Stations de Pompage.
- A. KEÏTA. (2009, janvier). Irrigation Gravitaire ou de Surface.
- A. MESSAN. (2011, Décembre). Ouvrage d'art-Conception et dimensionnement des petits ouvrages d'assainissement routier.
- A. MOUNIROU, L. (s. d.). Essentiel de l'Hydraulique à Surface Libre.
- AHT/BETICO. (2011, 2012). Gestion Eau et Maintenance du Réseau Hydraulique. Module de formation 1 : Principe de base en irrigation de l'ON.
- AHT/BETICO. (2011, 2012). Gestion Eau et Maintenance du Réseau Hydraulique. Module de formation 3 : Besoin en Eau d'irrigation.
- AHT/BETICO. (2011, 2012). Gestion Eau et Maintenance du Réseau Hydraulique. Module de formation 7 : Modules à masque.
- A.L. MAR. (2004, Juillet). Cours d'hydraulique; T2 : Ecoulements à Surface Libre, p. 244.
- ALLEN G., R., & PEREIRA S., L. (1990, mai). FAO Irrigation and Drainage N° 56.
- B. BOUBE. (2014, novembre). Bases d'Irrigation.
- CRRA-Niono. (2006, mars). Hydraulique/Gestion de l'eau dans la plaine de San Ouest (2ème Volet).
- D. TRAN MINH. (1995, novembre). Conception et Ouvrages d'un Réseau d'Irrigation Gravitaire.
- J. DJOUKAM. (1999a, Juin). Guide de conception des stations de pompage.
- J. DJOUKAM. (1999b, mars). Memento Stations de Pompage Version 2.0.
- M. GUINAUDEAU, & P. GINESTE. (1984). Cours d'Hydrologie Tome 1. Hydrométrie et Hydrologie statistique.
- M. OURAHOU. (2004, Avril). Revêtement des canaux d'irrigation.
- M.L. COMPAORE. (1998, octobre). Cours de Techniques d'Irrigation de Surface ou d'Irrigation Gravitaire à la Parcelle 2è EDITION.
- M.L. COMPAORE. (1999, mars). Les Données de Bases de l'Irrigation (2ème Edition).
- OURAHOU M. (2003, mars). Dimensionnement et Conception des Canaux d'Irrigation.
- SOGETHA. (1969). Les Ouvrages d'un petit réseau d'irrigation : Techniques rurales en Afrique.

Sites d'internet consultés :

-  <http://www.xylemwatersolutions.com> , consulté le 30/08/2018 à 15h ;
-  <http://www.fao.org/fishery>, consulté le 18/10/2018 à 10 h.

ANNEXES

ANNEXE 1 : DONNEES CLIMATIQUES ET HYDROLOGIQUES	62
ANNEXE 2 : PRESENTATION DES ETUDES TECHNIQUES DE BASE	65
I. Etude topographique	65
II. Etude géotechnique	67
III. Etude pédologique	73
ANNEXE 3 : NOTES DE CALCUL	76
I. Interprétation des mesures d'infiltration du sol	76
II. Etude hydrologique du fleuve	78
III. Les besoins en eau des cultures	84
IV. Calage et dimensionnement des canaux et drains	88
V. Calage et dimensionnement des ouvrages	138
VI. Programme d'irrigation	155
VII. Station de pompage	159
ANNEXE 4 : COMPTE D'EXPLOITATION DES CULTURES	162
ANNEXE 5 : PLAN DE GESTION ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL	166
ANNEXE 6 : MODE DE REALISATION DES TRAVAUX	172
I. Réseau d'irrigation	172
II. Réseau de drainage	173
III. Digue de protection	174
IV. Aménagement parcellaire	174
V. Planning d'exécution des travaux	175
ANNEXE 7 : DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF DU PROJET	177
ANNEXE 8 : PIECES GRAPHIQUES DU PROJET	185

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

ANNEXE 1 : DONNEES CLIMATIQUES ET HYDROLOGIQUES

Tableau 24 : Pluviométrie à la station de San sur la période de 1960 à 2017

Année	Pluviométrie (mm)												
	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Total
1960	0	0	4	0	54	121	116	232	160	27	18	0	731
1961	0	0	0	5	75	37	266	349	70	6	0	0	808
1962	0	0	0	23	36	113	92	231	175	30	1	0	701
1963	0	0	5	18	25	57	165	289	235	84	1	0	880
1964	0	0	0	1	47	154	188	308	121	13	0	16	847
1965	7	0	0	0	11	89	126	351	188	6	0	0	777
1966	0	0	1	2	13	54	113	212	253	83	0	0	732
1967	0	2	10	1	30	78	184	232	195	17	0	0	747
1968	0	5	16	54	49	144	184	223	83	1	0	0	759
1969	0	0	5	0	20	50	208	169	74	33	0	0	559
1970	0	0	0	16	40	85	166	193	39	24	0	0	563
1971	0	0	32	17	53	55	224	226	148	1	1	0	756
1972	0	0	0	20	64	147	152	198	162	48	0	0	791
1973	0	0	0	38	10	107	106	151	131	21	0	0	565
1974	0	0	2	0	21	61	171	228	130	11	0	0	623
1975	0	0	1	6	75	144	99	190	85	42	0	0	642
1976	0	0	0	2	53	104	166	133	149	87	1	0	695
1977	7	0	0	21	90	119	148	197	190	22	0	0	793
1978	0	0	1	140	42	69	289	123	172	53	0	0	888
1979	0	0	2	6	40	124	94	218	116	80	0	0	679
1980	0	0	0	10	16	94	324	199	99	2	26	0	770
1981	0	0	0	16	56	31	266	220	128	10	0	0	727
1982	0	0	2	12	51	106	89	154	83	21	0	3	519
1983	0	0	0	14	16	78	158	169	197	2	0	0	633
1984	0	0	2	3	36	49	69	124	111	6	1	0	401
1985	0	0	0	0	10	91	219	212	26	1	1	0	561
1986	0	0	0	0	24	165	180	158	256	4	0	0	786
1987	0	0	0	0	59	122	137	157	40	25	0	0	541
1988	0	0	0	43	6	25	327	286	86	1	0	0	775
1989	0	0	0	0	5	110	184	297	54	62	0	0	712
1990	0	0	0	0	9	64	198	130	104	13	0	0	518
1991	0	1	1	4	49	73	243	296	117	35	0	0	818
1992	0	0	0	2	2	73	159	127	125	4	2	0	513
1993	0	0	0	0	15	87	195	183	87	5	0	0	572
1994	0	0	0	0	32	54	170	472	157	60	0	0	944
1995	0	0	2	30	47	39	109	168	104	27	0	0	526
1996	0	0	0	5	17	118	143	198	236	18	0	0	734
1997	0	0	0	21	25	42	166	204	82	60	0	0	599
1998	0	0	0	13	73	110	183	198	227	12	0	0	816
1999	0	0	0	11	31	31	140	232	175	39	0	0	660
2000	0	0	7	8	97	55	152	225	99	14	0	0	658
2001	0	0	0	1	16	138	281	203	59	8	0	0	706
2002	0	0	0	0	21	40	146	145	68	45	0	0	465
2007	0	0	0	21	11	72	268	297	97	4	0	0	769
2008	0	0	0	13	6	77	132	156	94	52	0	0	531
2009	0	0	0	0	26	68	156	263	187	101	3	0	805
2010	0	0	0	0	18	179	150	375	146	48	0	0	916
2011	0	0	0	0	23	53	105	106	78	14	0	0	378
2012	0	0	0	0	69	154	212	403	161	28	0	0	1027
2013	0	0	0	7	16	72	201	311	92	10	0	0	709
2014	0	0	0	0	18	45	164	168	135	40	0	0	570
2015	0	0	0	0	34	91	224	380	144	27	0	0	901
2016	0	0	0	0	46	175	152	209	51	1	0	0	634
2017	0	0	0	0	41	70	191	222	77	5	0	0	601

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

Tableau 25 : Hauteurs d'eau caractéristiques du Bani à Beneny Kegny (1970-2017)

Années	Hmin (cm)	Hmoy (cm)	Hmax (cm)
1970	40	263	787
1971	54	226	693
1972	40	158	452
1973	5	136	486
1974	4	183	623
1975	13	211	668
1976	28	181	489
1977	16	145	496
1978	13	167	503
1979	16	181	604
1980	5	158	572
1981	19	193	637
1982	17	141	443
1983	-7	83	268
1986	-24	101	400
1987	-26	81	302
1988	-27	146	543
1989	-8	128	495
1990	-19	121	417
1991	-18	139	471
1992	-8	118	434
1993	-17	109	415
1994	-15	225	646
1995	29	170	467
1996	11	149	458
1997	7	145	513
1998	7	195	634
1999	8	231	700
2001	8	168	535
2002	0	125	366
2004	5	123	381
2005	-19	133	399
2006	0	146	494
2007	31	200	661
2008	34	190	525
2009	11	174	610
2011	35	152	454
2012	25	239	694
2013	30	174	542
2014	15	170	523
2015	13	185	601
2016	17	234	666
2017	12	163	493

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

Tableau 26 : Débits moyens du Bani sur la période de 1970 à 2016

Année	Débits moyens (m ³ /s)												
	Janv	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Module
1970	150.00	62.00	31.30	17.90	11.80	20.70	88.40	843.00	2084.00	2103.00	725.00	234.00	530.93
1971	105.00	58.70	29.20	19.50	18.40	18.10	157.00	662.00	1690.00	1303.00	414.00	120.00	382.91
1972	67.90	34.60	20.60	14.00	11.70	46.70	98.60	349.00	724.00	533.00	227.00	80.00	183.93
1973	35.50	17.50	13.60	9.62	2.37	4.83	23.30	499.00	797.00	399.00	151.00	46.00	166.56
1974	18.30	6.80	1.90	0.50	0.65	0.84	143.00	844.00	1427.00	988.00	307.00	95.00	319.42
1975	40.50	16.90	7.70	2.72	29.90	21.30	75.80	601.00	1420.00	1489.0	504.00	172.00	365.07
1976	66.10	29.80	14.50	8.12	16.90	36.90	35.40	385.00	580.00	696.00	748.00	271.00	240.64
1977	95.10	38.50	15.10	6.23	2.83	8.34	47.50	162.00	711.00	655.00	265.00	74.00	173.38
1978	28.40	10.60	3.90	1.80	35.50	26.40	81.30	465.00	844.00	745.00	332.00	123.00	224.74
1979	53.00	23.10	10.60	4.44	2.73	31.10	57.80	368.00	1200.00	915.00	404.00	157.00	268.90
1980	51.20	21.10	6.47	1.81	0.77	8.85	56.10	410.00	1086.00	652.00	252.00	108.00	221.19
1981	65.10	34.90	13.10	4.75	11.80	16.60	82.30	747.00	1396.00	810.00	286.00	121.00	299.05
1982	51.70	21.50	8.30	3.72	5.58	29.10	78.80	354.00	720.00	415.00	185.00	74.20	162.24
1989	22.00	10.90	5.11	2.07	0.36	0.19	21.50	341.00	928.00	565.00	133.00	40.80	172.49
1990	17.30	10.40	4.56	0.93	0.11	0.55	105.00	585.00	530.00	382.00	116.00	39.40	149.27
1991	16.70	8.90	3.00	0.43	0.01	20.00	67.40	511.00	804.00	496.00	222.00	67.30	184.73
1992	26.50	14.10	6.87	2.09	0.37	14.10	43.80	206.00	641.00	439.00	137.00	47.90	131.56
1993	19.90	11.00	5.14	1.25	0.15	0.00	59.30	204.00	632.00	406.00	136.00	45.40	126.68
1994	21.00	11.60	5.47	1.14	0.17	8.49	101.00	815.00	1326.00	1480.00	1032.00	341.00	428.57
1995	87.00	42.50	21.30	12.90	7.62	24.60	36.30	391.00	807.00	752.00	339.00	97.60	218.24
1996	39.30	17.30	8.08	3.83	2.25	16.20	40.70	451.00	750.00	632.00	235.00	70.80	188.87
1997	26.70	11.70	5.18	1.95	2.18	25.00	67.40	444.00	873.00	512.00	196.00	64.80	185.83
1998	25.00	10.90	4.26	1.27	1.27	9.01	70.40	700.00	1351.00	1349.00	474.00	109.00	342.09
1999	45.50	20.40	8.71	4.10	1.51	2.17	112.00	1077.00	1824.00	1468.00	666.00	203.00	452.70
2001	50.50	21.90	9.67	4.14	1.13	4.66	170.00	562.00	1039.00	724.00	211.00	70.00	239.00
2002	26.80	11.30	3.88	0.88	0.58	4.98	92.80	295.00	500.00	508.00	225.00	60.00	144.10
2003	19.30	6.85	1.48	0.24	16.40	32.60	323.00	770.00	1361.00	1427.00	434.00	104.00	374.66
2004	39.80	17.30	7.52	2.71	2.50	13.40	41.30	281.00	586.00	448.00	139.00	47.00	135.46
2005	15.50	6.19	1.54	0.22	0.00	7.60	178.00	466.00	616.00	498.00	220.00	54.00	171.92
2006	17.10	5.04	1.28	0.51	1.78	1.96	43.30	231.00	794.00	869.00	467.00	89.00	210.08
2007	23.90	12.60	13.30	10.40	8.57	7.47	69.10	691.00	1582.00	1280.00	379.00	120.00	349.78
2008	29.90	29.50	20.60	17.30	16.50	10.10	200.00	562.00	981.00	909.00	401.00	91.00	272.33
2009	31.40	13.50	12.10	14.40	11.90	9.96	13.00	240.00	1203.00	1032.00	459.00	163.00	266.94
2010	37.70	28.60	19.00	14.40	10.20	21.30	86.60	493.00	1457.00	1504.00	836.00	168.00	389.65
2011	31.40	20.50	13.20	25.70	11.60	9.62	13.60	225.00	601.00	675.00	350.00	111.00	173.97
2012	23.70	7.26	10.10	8.92	7.13	18.10	185.00	903.00	1666.00	1670.00	814.00	226.00	461.60
2013	81.30	52.70	26.20	10.80	12.50	13.10	20.10	360.00	994.00	866.00	332.00	104.00	239.39
2014	38.40	14.80	14.10	13.70	13.00	3.94	31.30	516.00	988.00	857.00	299.00	118.00	242.27
2015	29.50	15.80	11.10	16.70	13.00	1.88	7.02	396.00	1243.00	1094.00	536.00	161.00	293.75
2016	45.80	26.50	19.40	13.10	14.50	3.85	279.00	1331.00	1670.00	1279.00	413.00	129.00	435.35

ANNEXE 2 : PRESENTATION DES ETUDES TECHNIQUES DE BASE

I. Etude topographique

Les travaux topographiques ont concerné une zone couvrant **plus 2000 ha**.

A. Bornage de la zone

Après les levés, nous avons procédé à la mise en place des bornes pérennes sur tous les changements de direction de la limite de la zone d'étude et à l'intérieur de celle-ci, qui servira de base aux travaux futurs. Ainsi, ces bornes coulées sur place en béton légèrement armé de dimension 0,10m x 0,10m et émergeant du sol de plus de 0,15m ont été implantées de manière à ce qu'elles soient bien visibles. Un boulon gravé à sa partie supérieure d'une croix servant de repère planimétrique (X, Y) et altimétrique (Z) a été scellé lors de la fabrication de la borne. Il a été gravé au-dessus de chaque borne les inscriptions permettant de les identifier ultérieurement. Exemple : (B 1)

Tableau 27 : Liste des bornes implantées

Numéro	ID	X (m)	Y (m)	Z (m)
1	B1	290515.139	1472010.62	271.667
2	B10	286260.702	1475209.21	273.123
3	B11	286506.817	1472789.94	272.453
4	B13	286317.688	1474895.2	273.222
5	B14	290024.778	1471509.4	272.008
6	B15	289335.904	1471226.35	273.84
7	B16	288312.209	1471451.3	274.187
8	B17	287314.36	1471880.13	273.45
9	B18	286411.968	1472107.56	272.889
10	B19	285497.318	1471798.96	273.723
11	B2	290184.625	1472536.27	272.201
12	B21	283855.792	1472656.38	273.012
13	B22	283503.491	1473410.44	273.834
14	B28	285302.218	1476603.81	273.51
15	B29	285119.436	1476149.69	273.029
16	B30	284843.653	1475665.96	273.883
17	B31	284965.67	1475227.67	273.902
18	B32	284904.461	1474920.22	274.169
19	B33	284423.583	1474684.92	273.514
20	B34	284186.118	1474284.47	273.682
21	B35	284191.757	1473848.21	273.466
22	B36	284660.774	1473925.37	273.141
23	B37	285164.125	1474123.73	273.095
24	B38	285353.343	1473393.33	272.693
25	B39	285339.022	1472662.37	273.133
26	B4	289146.586	1474303.81	272.023
27	B40	285405.556	1474517.91	273.658
28	B41	285657.257	1474901.27	273.724
29	B42	285617.581	1475392.73	273.497
30	B43	285595.378	1475936.03	273.37
31	B44	287711.962	1472881.76	272.275

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

32	B45	287921.32	1472460.45	272.454
33	B47	288895.792	1473060.46	272.801
34	B48	288683.081	1473519.7	273.026
35	B5	288685.117	1474092.65	272.338
36	B6	288201.409	1473750.57	272.299
37	B7	287338.945	1473224.07	272.351
38	B8	286964.192	1473823.28	272.348
39	B9	286455.614	1474672.8	273.021
40	BT2	284529.118	1472193.95	273.58
41	B11	286507.511	1472792.2	272.453
42	B12	286699.054	1475149.45	273.287
43	B12	286699.63	1475150.26	273.287
44	B12	286699.622	1475150.27	273.295
45	B23	285827.004	1477078.49	274.137
46	B24	286582.927	1475370.54	273.165
47	B25	286289.356	1475852.22	273.486
48	B26	285976.78	1476352.35	273.2
49	B27	285787.818	1476800.14	273.516
50	B7 FAO	285492.588	1478237.67	275.016

Des bornes topographiques implantées lors de l'étude APD des casiers du Moyen Bani et l'échelle limnimétrique de Beneny-Kegny ont permis de rattacher les mesures altimétriques au nivellement général du Mali. Les coordonnées et l'altimétrie de ces bornes sont consignées dans le tableau ci-après.

Tableau 28 : Bornes et échelle de rattachement altimétrique au NGM

ID	X (m)	Y (m)	Z (m)
Echelle Beneny	292702.381	1480499.282	268.032
BM5	275321.212	1471220.04	274.657
BM6	276340.91	1471213.063	274.093

B. Ressources humaines et matérielles mobilisées pour les travaux

Pour la réalisation des travaux topographiques de terrain, l'équipe mobilisée comprenait : deux brigades équipées au GPS différentiel. Le personnel et les matériels suivants ont été mobilisés :

Personnel :

- ✓ un ingénieur topographe ;
- ✓ deux Topographes ;
- ✓ deux opérateurs topographes ;
- ✓ deux aides topographes ;
- ✓ trois manœuvres.

Matériel :

- ✓ deux système GPS de marque Magellan et ses accessoires,
- ✓ deux trépieds ;

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

- ✓ deux carnets de terrain électronique CX Allégro ;
- ✓ des talkies-walkies ;
- ✓ deux batteries de voiture servant de charge suffisante pour la base du GPS ;
- ✓ du petit matériel : piquets, marteaux, chaînes, pioches, pelles moules etc.

Logistique :

- ✓ deux véhicule 4x4 tout terrain ;
- ✓ deux ordinateurs portables ;
- ✓ deux GPS de navigation à 12 canaux.

II. Etude géotechnique

A. Méthodologie et consistance de l'étude

La consistance et l'étendue de la mission de reconnaissance géotechnique ont été faites conformément aux termes de références et ont consisté à l'exécution de :

- deux (02) sondages par puits manuels à ciel ouvert de profondeurs variant de 1,00m à 1,50m à tous les 500 mètres le long de l'axe du tracé du projet du canal tête morte, avec prélèvement d'échantillons intacts et remaniés destinés aux essais géotechniques d'identification physique, et de portance en laboratoire ;
- huit (08) sondages par puits manuels à ciel ouvert à tous les 500 mètres le long de l'axe du canal adducteur, avec prélèvement d'échantillons intacts et remaniés devant être soumis aux essais géotechniques de laboratoire afin de déterminer leurs caractéristiques physiques et mécaniques en termes de portance (perméabilité), des paramètres d'état (teneur en eau naturelle et densités) et Proctor Normal (densité sèche maximale et teneur en eau Optimale) ;
- deux (02) sondages manuels par puits dans l'axe du canal primaire, avec prélèvement d'échantillons intacts et remaniés destinés aux essais géotechniques classiques d'identification de laboratoire;
- trois(03) sondages manuels par puits respectivement dans le projet d'axe des canaux secondaires désignés CS1.1D à CS1.4D à tous les 500 mètres, avec prélèvement d'échantillons intacts et remaniés sur lesquels seront effectués les essais géotechniques d'identification de laboratoire ;
- un (01), de trois (03) et d'un (01) sondages par puits à ciel ouvert respectivement à tous les 500 mètre le long du projet d'axe des canaux secondaires identifiés (CS1.1G, CS1.2G, et CS1.3G), avec prélèvement d'échantillons remaniés pour la réalisation des essais classiques d'identification géotechnique ;

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

- trois (03) sondages par puits manuel à ciel ouvert, de profondeur variant de 1,5 à 1,80 mètres dans l'assiette des travaux de construction d'une Station de pompage, avec prélèvement d'échantillons intacts et remaniés pour les essais géotechniques de laboratoire ;
- un (01) sondage dans le terrain d'assise des fondations d'un ouvrage de franchissement au PK 0+000 du canal adducteur, avec prélèvement d'échantillons intacts et remaniés destinés aux essais de laboratoire ;
- un (01) sondage par puits manuels à ciel ouvert dans le site destiné à recevoir les semelles de fondations d'un ouvrage de régulateur (R1) des débits d'eau d'irrigation sur le canal adducteur, avec prélèvement d'échantillons intacts et remaniés pour les essais géotechniques de laboratoire ;
- un (01) sondage par puits manuels à ciel ouvert dans l'assiette des travaux d'un ouvrage de débouchée sur le drain collecteur ;
- un (01) sondage par puits manuel à ciel ouvert à l'endroit de chaque ouvrage de prise respectivement localisé au PK0+000 du canal primaire (CP1), aux PK0+000 des canaux Secondaires CS1G à CS3G et aux PK0+000 des canaux secondaires CS1.1D à CS1.4D, avec prélèvement d'échantillons intacts et remaniés destinés aux essais géotechniques de laboratoire ;
- repérage d'un (01) gîte des matériaux latéritiques ayant déjà fait l'objet d'exploitation par les entreprises dans le cadre des travaux routiers ou de revêtements des digues lors de l'aménagement des casiers hydrauliques dans la zone de San ;
- recherche des matériaux locaux (sable, gravier et moellons de pierres) disponibles dans la zone du projet ;
- la recherche et la localisation des emprunts des sols argileux destinés à la construction des ouvrages d'irrigation (digues de ceinture ou de protection des périmètres à aménager) ;
- l'étude de la formulation du béton pour les ouvrages d'irrigation (ouvrage de prise ou de franchissement, revêtement des canaux et la construction des infrastructures de la station de pompage).

B. Coupes de quelques sondages réalisés

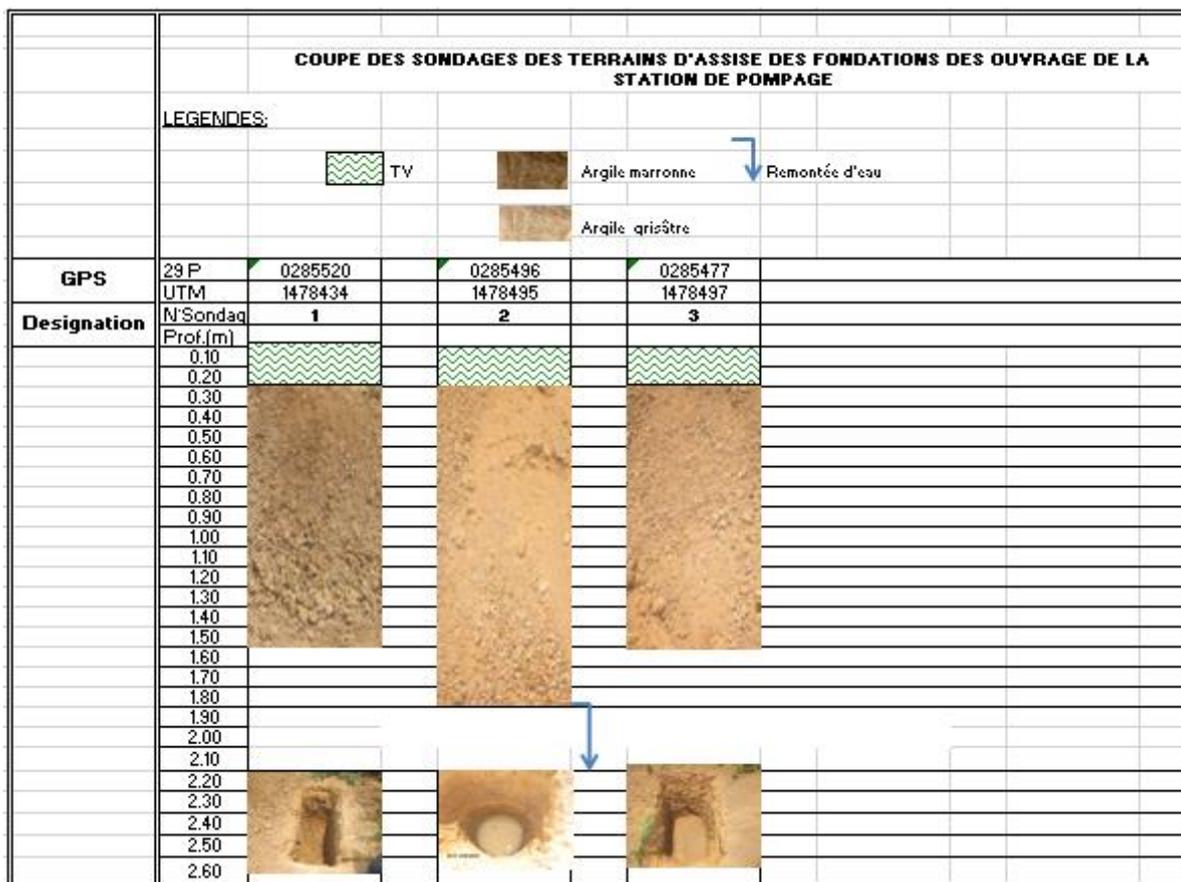


Figure 20 : Coupe des sondages des terrains d’assise des fondations de la SP

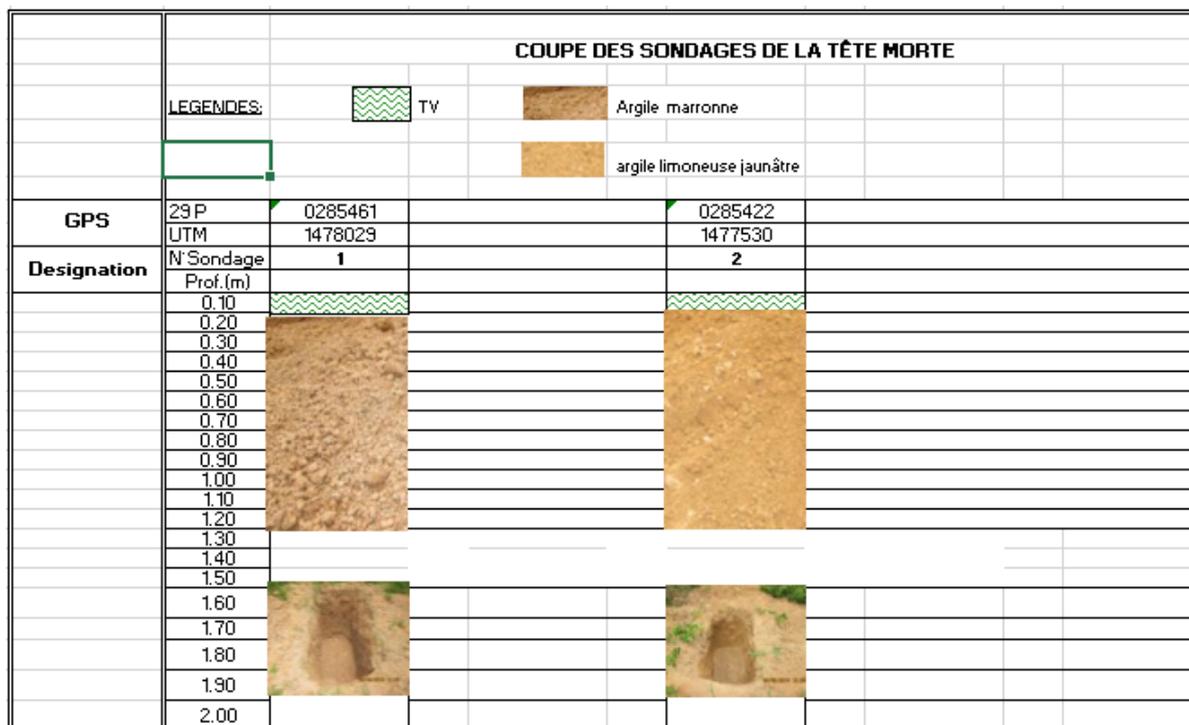


Figure 21 : Coupe des sondages de la tête morte

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

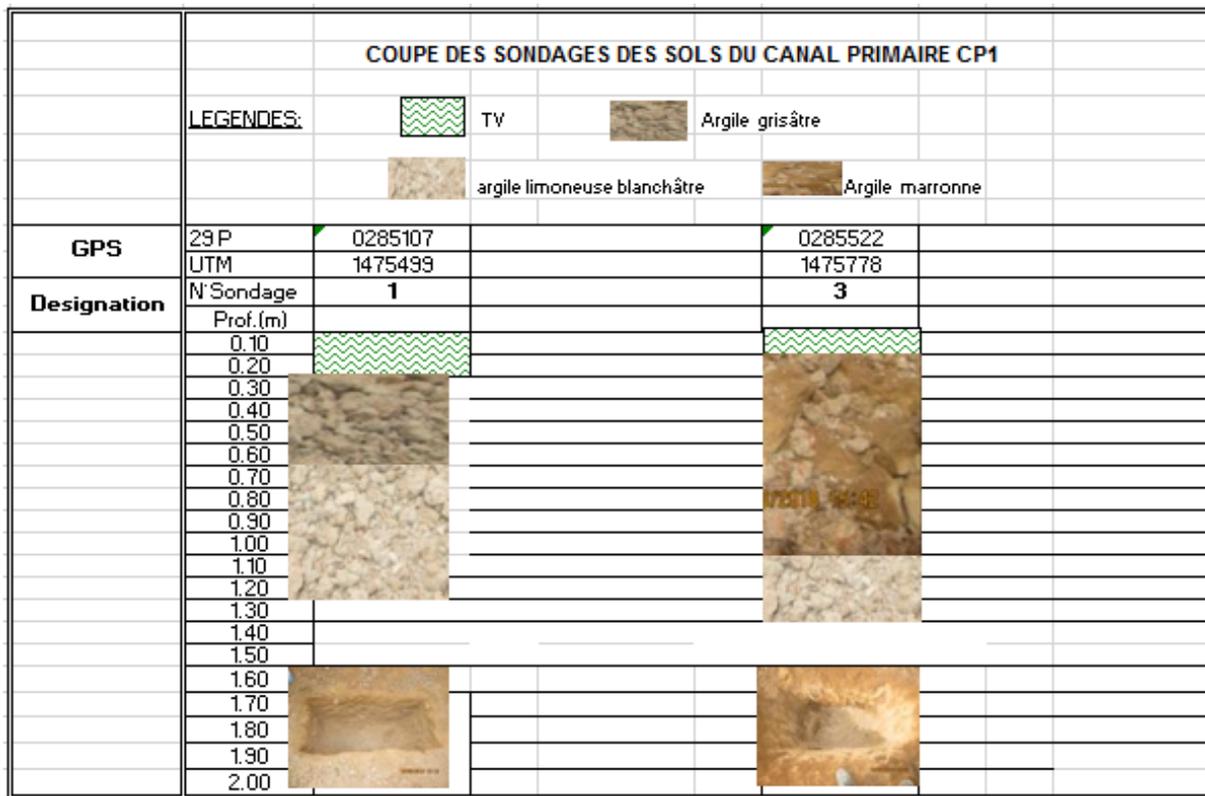


Figure 22 : Coupe des sondages du canal primaire CP1

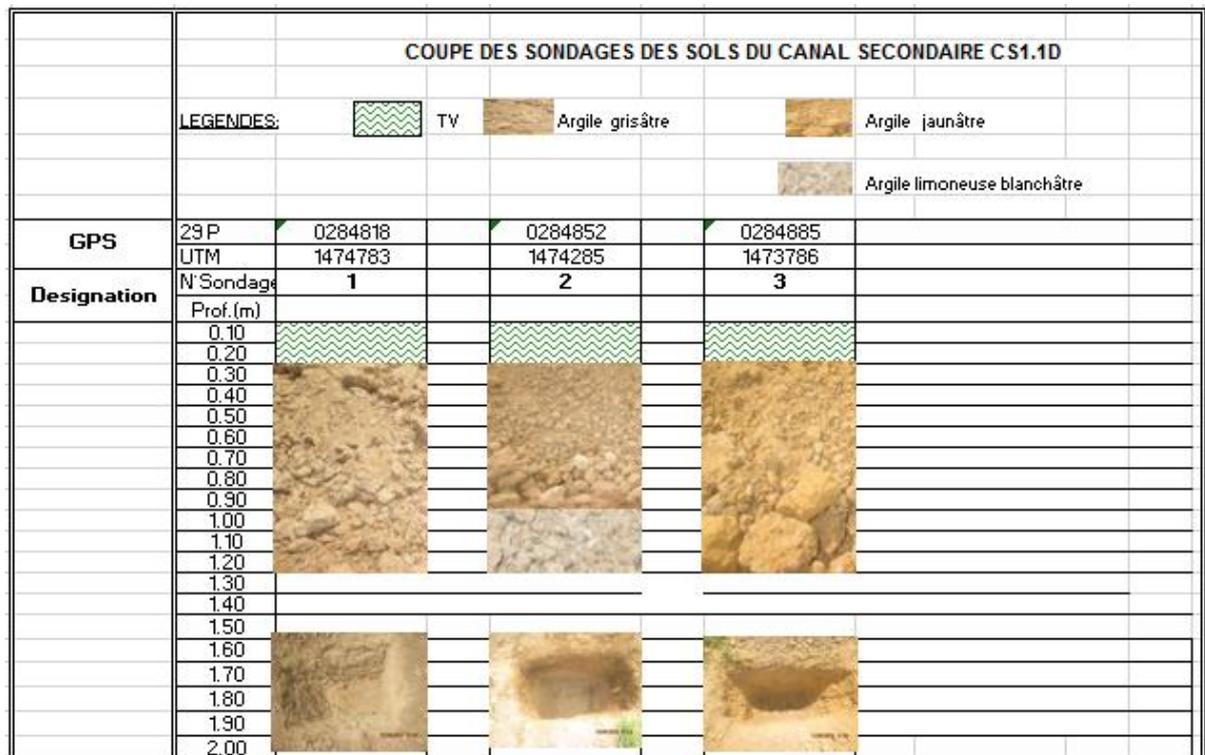


Figure 23 : Coupe des sondages du canal secondaire CS1.1D

C. Résultats essentiels et interprétations

Tableau 29 : caractéristiques des terrains d'assises des fondations des ouvrages

Désignation	Dh	Ds	W (%)	Ø (°C)	C(t/m ²)	Qa (bars)	Qu (bars)
Ouvrage Station Pompage PK0 Tête Morte S1	1,68	1,5	12,36	15,1	1,62	1,76	3,48
PK0 Tête Morte S2	1,60	1,39	14,94	14,4	1,71	1,68	3,28
PK0 Tête Morte S3	1,62	1,44	12,36	13,3	1,25	1,56	2,93
Ouvrage de prise PK0 Canal Adducteur	1,89	1,79	5,82	21,8	0,67	1,66	3,23
Ouvrage de régulation R1 Canal Adducteur	1,91	1,86	2,56	20,2	1,99	1,82	4,95
Ouvrage de débouché Drain Collecteur	2,09	1,83	14,29	20,4	0,95	1,54	4,02
Désignation	Ds	Ds	W (%)	Ø (°C)	C (t/m ²)	Qa (MPa)	Qu (MPa)
Ouvrage de prise PK0 CP1	1,93	1,58	4,17	19,11	1,45	1,68	4,37
Ouvrage de prise PK0 CS1.G	1,78	1,58	12,36	17,60	1,77	1,39	3,69
Ouvrage de prise PK0 CS2.G	1,64	1,61	2,04	20,21	0,57	1,10	2,86
Ouvrage de prise PK0 CS3.G	2,02	1,91	5,82	21,50	0,45	1,29	3,36
Ouvrage de prise PK0 CS1.1D	1,92	1,87	2,56	22,00	0,35	1,31	3,47
Ouvrage de prise PK0 CS1.2D	2,07	1,80	14,94	19,70	1,20	1,58	4,10
Ouvrage de prise PK0 CS1.3D	1,92	1,75	9,89	19,90	1,85	1,67	4,49
Ouvrage de prise PK0 CS1.4D	1,86	1,58	17,65	18,50	1,21	1,19	3,15

Par l'application des formules usuelles en mécanique des sols pour les fondations superficielles, les valeurs de la contrainte ultime Qu répertoriées dans le tableau ci-dessus ont pu être déterminées, et indiquent un assez bon sol d'assises.

Tableau 30 : Tableau récapitulatif de capacité d'exploitation des matériaux argileux

Désignation	Surface d'exploitation m ²	Volume découvert m ³	Volume exploitable m ³	Observations
E1	225 000	337 500	292 500	Extension Nord-Sud
E2	192 500	211 750	192 500	Extension Nord-Sud

Les talus des remblais mis en œuvre devraient avoir des pentes qui oscillent entre 60 et 70%, correspondant à un angle d'inclinaison de 30° à 35°.

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

D'après la nature et la morphologie de ces zones d'emprunt, une pelle hydraulique montée sur chenilles pourra exécuter les travaux de déblaiement c'est-à-dire l'extraction de ces sols argileux.

Tableau 31 : Tableau récapitulatif de capacité d'exploitation des graveleux latéritiques

Désignation	Surface d'exploitation m ²	Volume découvert en m ³	Volume exploitable en m ³	Observations
Graveleux latéritiques	270 000	324 000	270 000	De part et d'autre

D'après la nature du terrain et sa topographie, une pelle hydraulique montée sur chenilles ou un bulldozer pelle pourra exécuter les travaux de déblaiement c'est-à-dire l'extraction de ces matériaux en graveleux latéritiques.

Les volumes des agrégats et moellons sont estimés comme suit :

✓ **Sable :**

volume découvert = 320 000 m³ ;

volume exploitable = 230 800 m³.

✓ **Graviers latéritiques :**

volume découvert = 348 600 m³ ;

volume exploitable = 255 780 m³.

✓ **Moellons :**

volume découvert = 356 800 m³ ;

volume exploitable = 265 000 m³.

Tableau 32 : Composition pour 1 m³ de béton frais :

Type	Composants	m.s t/m ³	m.v.a t/m ³	Proportion %	Poids kg	Volume absolu (m ³)	Volume apparent (m ³)	Quantité pour 50 kg de ciment
Ciment CIMAF	Graviers lat.roulés.5/25	2,94	1,79	64	1340	456	749	107 litres
	Sable 0/5	2,63	1,50	34	674	256	449	64 litres
	Ciment	3,1	1	-	350	113	350	50 kg
	Eau	1	1	-	170	170	170	24 litres

On note que la qualité d'un sable s'apprécie principalement par la forme, par la propreté et par la dureté de ses grains ; les grains ronds, tels que ceux des sables naturels ou provenant des ballastières, demandent moins d'eau de mouillage, et, à quantité d'eau égale, forment un mortier plus compact et plus plastique que les grains à angles vifs des sables de concassage.

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

Les résultats de l'analyse granulométrique et la valeur de l'Equivalent de sable (ES) montrent que le sable examiné contient peu d'éléments fins présentant une granularité discontinue, c'est un sable propre avec un ES égal à 85%, et, il convient pour la fabrication du béton de qualité. Les graviers latéritiques testés présentent une granularité continue et des performances géotechniques convenables, et, ils devront être criblés et lavés avant leur utilisation dans la composition du béton.

Observations : La quantité d'eau qui a été utilisée pour obtenir un affaissement de 5cm au Cône d'Abrams. Elle est donnée à titre indicatif et peut-être corrigée en fonction de l'humidité des granulats pour avoir l'ouvrabilité demandée.

Résistance caractéristique : L'essai de résistance à la compression à 28 jours a été effectué suivant La norme (NFP 18-406) et la valeur moyenne des résistances obtenues est égale à 23,09 MPa ; elle traduit un béton de bonnes qualités.

L'utilisation de la formule sur le terrain requiert des essais de concordance (essai de convenance).

III. Etude pédologique

La prospection pédologique a visé les objectifs principaux suivants : déterminer les différentes unités de sols et leur distribution géographique, déterminer leur aptitude culturale et déterminer la perméabilité des sols.

A. Les principales unités de sols :

En se fondant sur les caractères constatés (présence de ces horizons diagnostics, régime hydrique, hydrologie et nature des matériaux), six (6) groupes de sols, selon la classification française (CPCS), constituent la couverture pédologique des sites prospectés, qui sont donnés dans le tableau suivant :

Tableau 33 : Principaux groupes de sols des sites.

Groupe de sols	Symbole cartographie	Superficie,	
		Ha	%
Sols hydromorphes minéraux à gley et à tendance vertique	ShGv	318.9	14.7
Sols hydromorphes minéraux à gley d'ensemble	ShG	544.6	25.0
Sols peu évolués d'apport alluvial à pseudogley	Shg	28.0	1.3
Sols bruns sub-arides vertiques	SBv	374.7	17.2
Sols bruns sub-arides à pseudogley	SBg	336.5	15.5
Sols Ferrugineux tropicaux peu lessivés à pseudogley	SFLc	497.6	22.9

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

B. Aptitudes des unités de sols

Sur la base des contraintes¹ des types de sols, dégagées dans les caractérisations ci-dessus, une évaluation des aptitudes à la culture du riz irriguée est effectuée en employant les concepts et a terminologie du document «Cadre pour l'Evaluation des sols» de la FAO. Ceci a permis de dégager les principales sous-classes d'aptitude suivantes dans le tableau ci-après :

Tableau 34 : Aptitudes des unités de sols

Classement d'aptitudes à l'irrigation		Types de sols correspondants	Contraintes à la mise en valeur agricole	Aptitudes culturales en irrigation par gravité	Superficie	
Classe	Sous-classe				ha	%
S2 – Sols moyennement aptes	S2d	ShGv-m/f/tf, ShGv-m/tf, ShG-m/f/tf, ShG-m/f ShG-m/f/g, Shp-m/f SBv-m/tf, SBv-m/tf/g, SBv-m/f et SBv-m/f/g	Drainage interne	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Riz d'hivernage ▪ Riz de contre saison ▪ Cultures maraichères ▪ Autres cultures de diversification (sorgho) 	1202.0	57.2
	S2d,k	ShGv-f/tf et SBv-f/tf	Drainage interne, compacité.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Riz d'hivernage ▪ Riz de contre-saison 	265.2	12.6
S/total					1467.2	69.9
S3 – sols marginalement aptes	S3r,w	SFLc-g/m et SBg-g/m/g	Texture, infiltration, rétention hydrique.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Riz d'hivernage ▪ Cultures maraichères ▪ Autres cultures de diversification (maïs, sorgho). ▪ Culture du blé et de l'orge 	81.0	3.9

¹ Un système de notation des contraintes (qualité des terres) est précisé ci-après : conditions d'enracinement (r), aération/drainage (d), disponibilité en éléments nutritifs /NPK (f), salinité/sodicité (n), la disponibilité de l'eau ou la rétention hydrique (moisture availability) (w), le risque d'érosion (e), la topographie (t) et facilité de culture (k), se basant sur le système d'évaluation de l'aptitude des terres à l'agriculture irriguée dans le cadre méthodologique conçu par la FAO et présenté dans les bulletins pédologiques N°42 et N°55.

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

	S3w	ShG-g/m/g, SFLc-g/m/g, SFLc-g/m/tg, SBg-m/g	Infiltration, rétention hydrique,	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Riz d'hivernage ▪ Cultures maraîchères et autres cultures de diversification (maïs, sorgho patate douce, arachide, haricot vert, fonio, pomme de terre) ▪ Culture du blé et de l'orge 	163.6	7.8
S/total					244.6	11.6
N2 – Sols pratiquement inaptes	N2r,w	Shp-tg/g/m, SFLc-tg/g/m, SFLc-tg/g	Texture, Infiltration, rétention hydrique, drainage interne.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Inaptes aux cultures céréalières ▪ Autres utilisations (Plantation forestière et arboricole). 	388.0	18.5
S/total					388.0	18.5
TOTAL					2 100	

Les superficies par spéculation et par canal d'irrigation pour la zone d'APD sont données dans le Tableau 35 ci-après :

Tableau 35 : Répartition des superficies par spéculation pour la zone d'APD

Canaux primaires	CS/ CT	Double culture de Riz (ha)	Polyculture Céréalières (ha)	Polyculture Maraichères (ha)	TOTAL/ Canal (ha)
CPI	CS1.1D	5.58	50.93	16.97	73.48
	CS1.2D	70.51	0	0	70.51
	CS1.3D	49.86	15.75	0	65.61
	CS1.4D	67.39	7.02	0	74.41
	Ind CT1.1	6.9	0	0	6.9
	Ind CT1.2	7.36	0	0	7.36
	Ind CT1.3L	9.9	0	0	9.9
Canal adducteur	CS1G	29.47	0	0	29.47
	CS2G	0	38.23	9.31	47.54
	CS3G	0	8.33	41.44	49.77
	ind CT1	9.85	0	0	9.85
	Ind CT2	9.96	0	0	9.96
	ind CT3	10	0	0	10
	ind CT4	8.85	0	0	8.85
	ind CT5	9.1	0	0	9.1
	ind CT7	0	0	8.83	8.83
	ind CT8	0	0	8.42	8.42
	ind CT9	0	0	9.94	9.94
ind CT10	0	9.74	0	9.74	
TOTAL/ spéculation (ha)		294.73	130	94.91	519.64

ANNEXE 3 : NOTES DE CALCUL

I. Interprétation des mesures d'infiltration du sol

Pour estimer les pertes par infiltration à prendre en compte, des mesures ont été réalisées par la technique dite « à double anneaux avec charge décroissante après humectation » (méthode simplifiée du double cylindre de Muntz) sur le sol préalablement mouillé.

Le dispositif composé de deux anneaux de diamètres différents légèrement enfoncés de 5 cm dans le sol. Une fois le sol humecté, les deux anneaux sont remplis d'eau puis les lectures sont effectuées en fonction des pas de temps variables jusqu'à ce que la quantité d'eau infiltrée se stabilise. Les données issues des mesures de perméabilité ont été analysées et traitées selon le modèle de régression non-linéaire utilisant l'équation exponentielle avec le logiciel Minitab18.

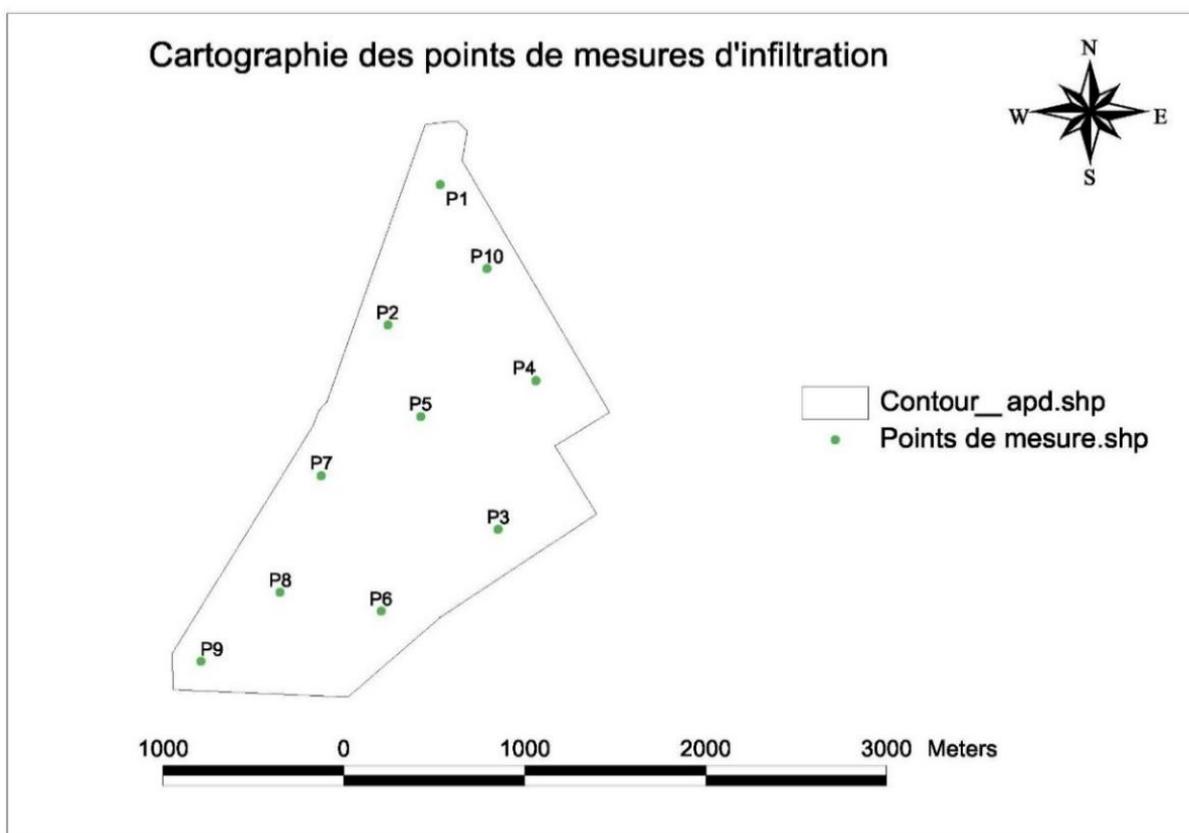


Figure 24 : Cartographie des points de mesures d'infiltration

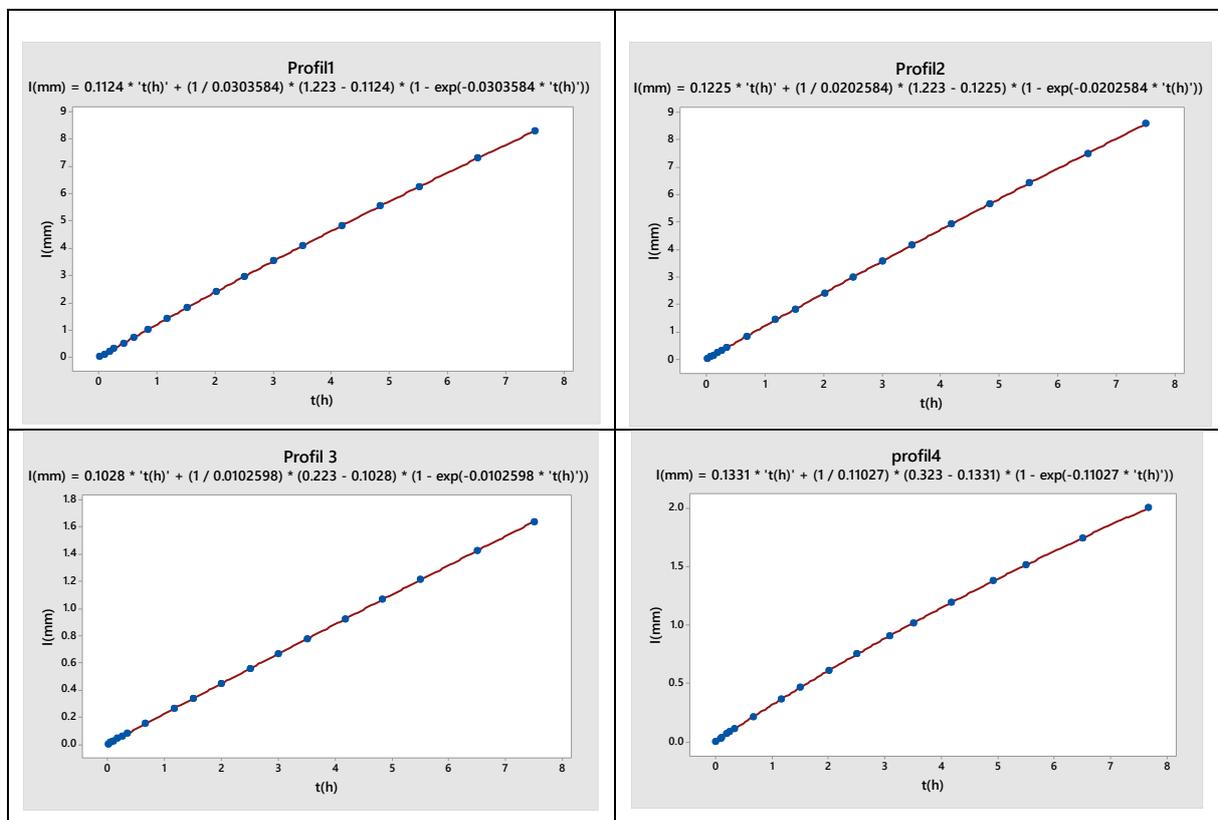
Les différentes valeurs d'infiltration obtenues sont données dans le **Tableau 36** ci-après :

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

Tableau 36 : Valeurs de l'infiltration des sols

Points	Nom	X (m)	Y (m)	Ksat (mm/j)
P1	Profil 1	285499.92	1476771.78	2.70
P2	Profil 2	285129.50	1475776.29	2.94
P3	Profil 3	285909.23	1474326.90	2.47
P4	Profil 4	286172.00	1475382.00	3.19
P5	Profil 5	285361.54	1475128.59	2.71
P6	Profil 6	285083.73	1473747.46	2.66
P7	Profil 7	284663.04	1474707.90	2.88
P8	Profil 8	284372.75	1473880.05	3.14
P9	Profil 9	283813.73	1473390.27	2.69
P10	Profil 10	285829.85	1476176.34	2.74
Moyenne				2.81
Ecart-type				0.23
CV (%)				8.06

Les différentes courbes d'infiltration des sols sont présentées sur la **Figure 25** ci-après :



Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

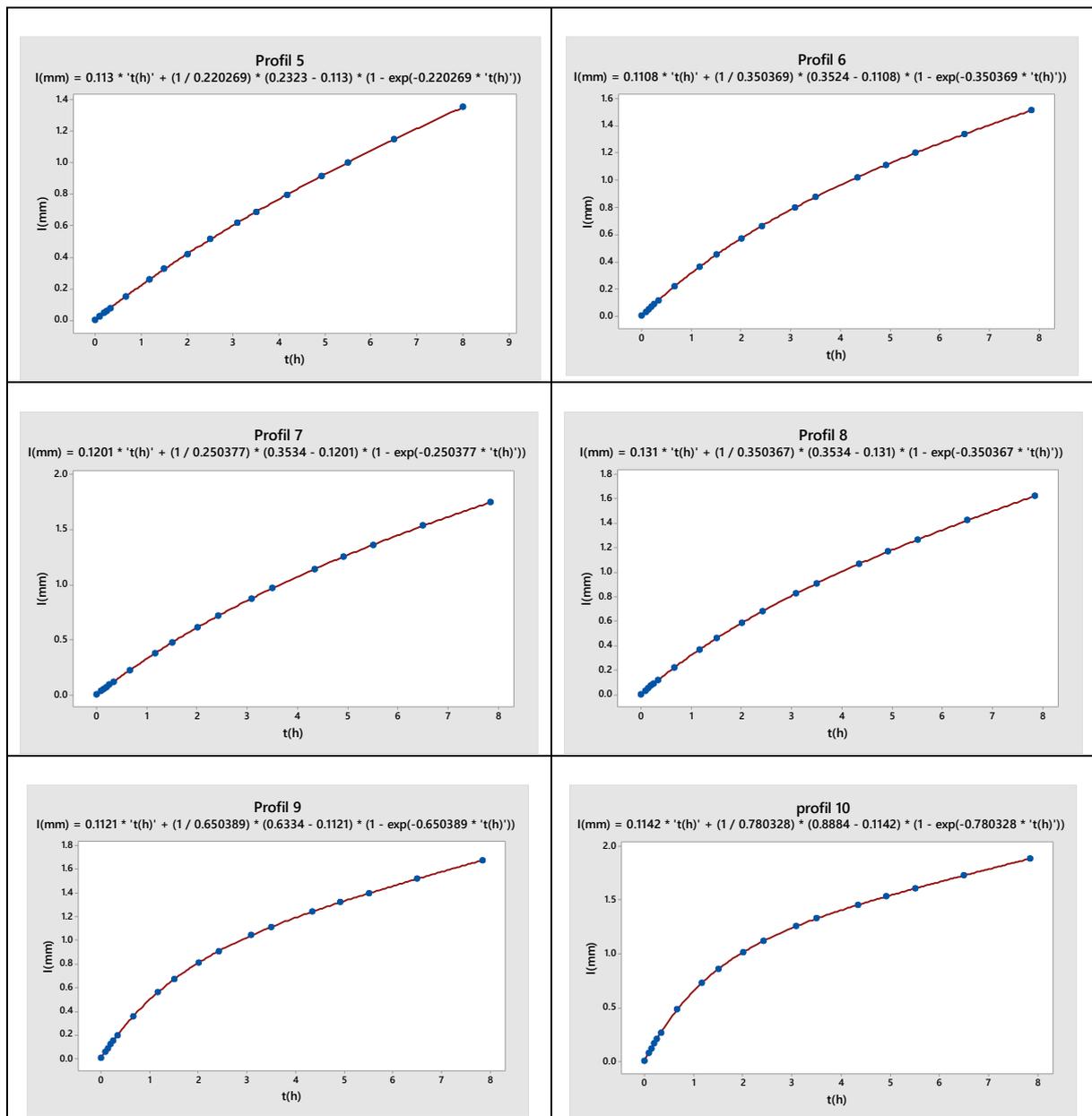


Figure 25 : Courbes d'infiltration des sols

II. Etude hydrologique du fleuve

La situation hydrologique du fleuve Bani a beaucoup évolué à partir des années 70. De plus, ce changement a beaucoup varié d'un mois à l'autre. C'est pourquoi, l'étude hydrologique a été faite sur la période 1970 – 2017 (voir ANNEXE 1) en utilisant la loi normale de GAUSS pour l'analyse des débits moyens et la loi de GUMBEL pour l'analyse des hauteurs d'eau caractéristiques du fleuve.

Le traitement et l'analyse des données ont été réalisés avec le logiciel Hyfran.

A. Analyse des débits moyens

L'ajustement des débits moyens annuels du Bani avec Hyfran a donné les résultats suivants :

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

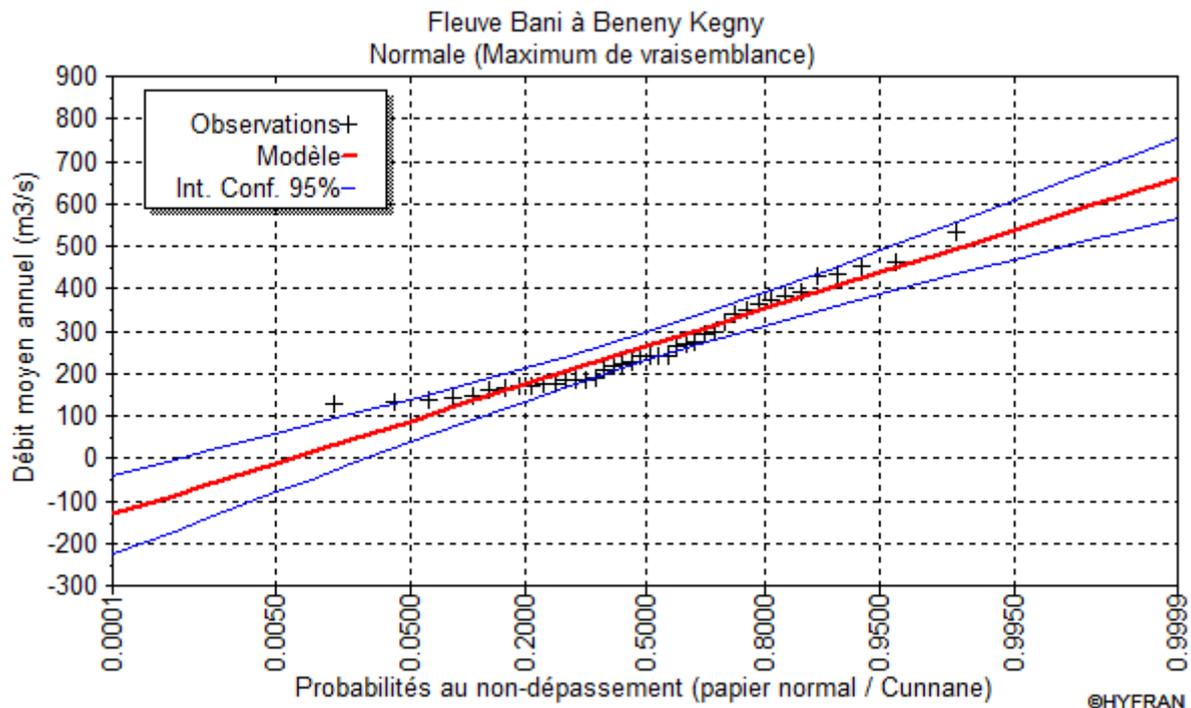


Figure 26 : Ajustement des débits moyens annuels suivant la loi de GAUSS

Ce graphique traduit un débit moyen annuel en quinquennale sèche de 173 m³/s. De tous les débits moyens annuels, le débit de l'année 1977 est le plus proche avec un module de 173.38 m³/s, ce qui nous permet de considérer cette année comme l'année quinquennale sèche.

L'ajustement des débits moyens mensuels a donné les résultats du **Tableau 37** ci-après :

Tableau 37 : Débits moyens mensuels en m³/s à différentes périodes de retour du Bani

T (ans)	100	50	20	10	5	2	5	10	20	50	100
Années	Humides					Moyennes	sèches				
Janvier	109	101	89.8	79.4	66.9	43	19	6.43	-3.92	-15.6	-23.3
Février	53.8	49.9	44.2	39	32.8	21.1	9.08	2.78	-2.35	-8.15	-12
Mars	28.8	26.7	23.6	20.8	17.4	10.9	4.52	1.14	-1.64	-4.77	-6.86
Avril	22.6	20.8	18	15.6	12.7	7.06	1.4	-1.55	-3.98	-6.72	-8.54
Mai	27.1	24.8	21.4	18.4	14.7	7.8	0.69	-2.97	-6	-9.4	-11.7
Juin	40.1	37	32.4	28.3	23.4	13.9	4.38	-0.58	-4.69	-9.3	-12.4
Juillet	251	232	203	177	147	87.5	28.6	-2.26	-27.7	-56.4	-75.5
Août	1110	100	937	844	732	518	304	192	100	-3.97	-73.3
Septembre	2010	1900	1730	1590	1410	1060	716	536	387	219	108
Octobre	1890	1770	1600	1440	1250	896	537	350	195	21.1	-95
Novembre	883	824	735	655	559	375	191	95	15.5	-73.8	-133
Décembre	271	253	226	201	172	115	59.1	29.7	5.36	-22	-40.2

Ces résultats montrent une variable considérable des débits d'un mois à l'autre et encore plus d'une année à une autre. En effet, **de juillet à février** la ressource est disponible, mais de **mars à juin** on assiste à une diminution considérable de celle-ci, ce qui influence l'opportunité d'irrigation en contre saison qui doit être limitée.

B. Analyse des hauteurs caractéristiques :

L'ajustement des hauteurs d'eau caractéristiques (minimales et maximales) du Bani a été fait selon la méthode des moments (loi de GUMBEL). Les résultats suivants ont été obtenus :

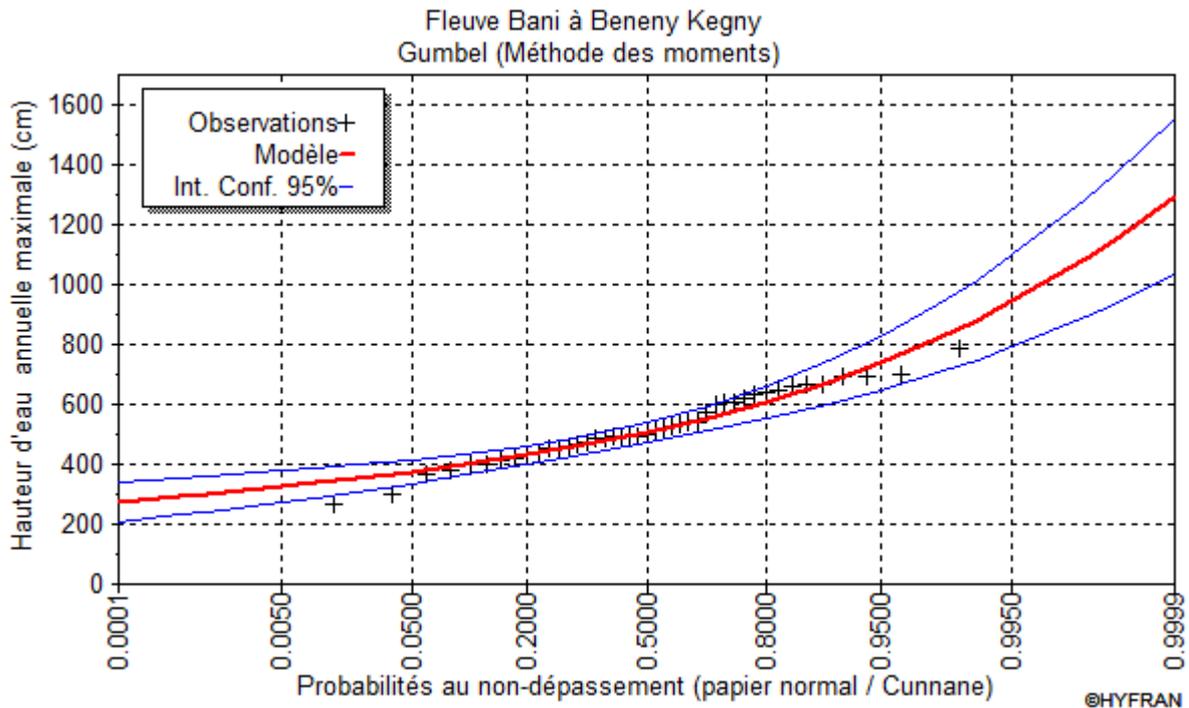


Figure 27 : Ajustement des hauteurs d'eau annuelles maximales suivant la loi de GUMBEL

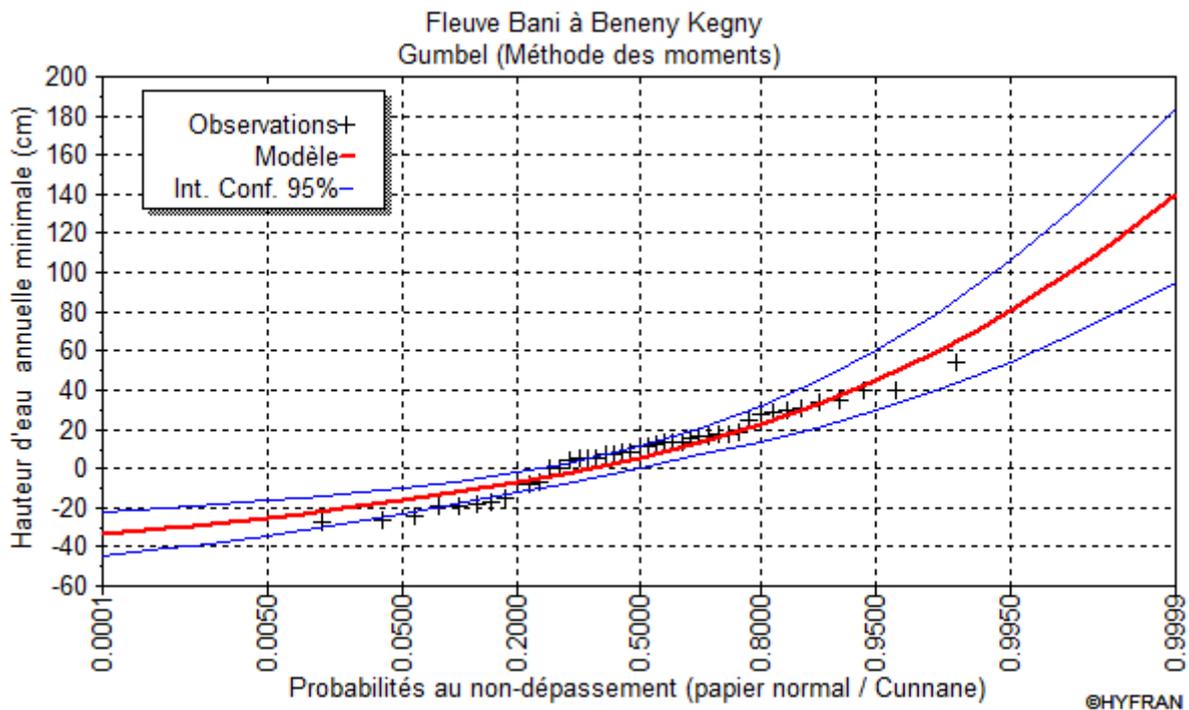


Figure 28 : Ajustement des hauteurs d'eau annuelles minimales suivant la loi de GUMBEL

Le **Tableau 38** ci-après donne le récapitulatif des valeurs fréquentielles des hauteurs d'eau du Bani à différentes périodes de retour :

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

Tableau 38 : Valeurs fréquentielles des hauteurs d'eau maximales et minimales du Bani

		Année humide					Année moyenne	Année sèche				
Période de retour (ans)	T	100	50	20	10	5	2	5	10	20	50	100
Probabilité (P, %)		0,99	0,98	0,95	0,9	0,8	0,5	0,2	0,1	0,05	0,02	0,01
<i>Hmax</i>	<i>cm</i>	882	820	737	673	607	506	431	399	376	352	338
	<i>m IGN</i>	274,82	274,2	273,37	272,73	272,07	271,06	270,31	269,99	269,76	269,52	269,38
<i>Hmin</i>	<i>cm</i>	69,8	59,2	45,1	34,2	22,8	5,65	-7,12	-12,5	-16,5	-20,6	-23
	<i>m IGN</i>	266,69	266,59	266,45	266,34	266,22	266,05	265,92	265,87	265,83	265,79	265,77

N.B. : Côte du zéro de l'échelle = 266 m

De ce tableau, on note une grande différence entre les côtes en période de crue et celles en étiage. Cette différence est encore exacerbée entre les années humides et celles sèches. Ceci fait qu'il faut tenir compte de cet aspect pour les prises d'eau du fleuve en étiages pendant les années sèches.

C. Impacts du seuil de Talo et du futur seuil de Djenné sur le Bani à Beneny Kegny

La zone du projet étant située entre le seuil de Talo déjà construit et celui de Djenné en cours de construction. Il est donc évident que ces deux ouvrages auront un impact sur l'hydraulique de la zone du projet. Ces impacts sont :

Seuil de Talo :

Le seuil de Talo est construit sur le Bani juste en aval de la station hydrologique de Douna (Superficie du bassin versant égal à 102 000 km²). Les caractéristiques géométriques de ce seuil sont :

- la crête du déversoir est de 274,35 mètres ;
- la longueur nette déversante est de 268 mètres ;
- la hauteur de la digue principale se situe à 280 mètres.

En ce qui concerne la gestion de cet ouvrage, elle est la suivante :

- le remplissage du réservoir de Talo ne commence que quand le débit entrant à Douna est supérieur à 50 m³/s ;
- pendant le remplissage du réservoir, l'ouvrage de restitution doit permettre de délivrer en aval 75 % du débit entrant à Douna, c'est-à-dire qu'il ne retient que 25% de ces débits ;
- le débit maximum que pourront restituer les vannes est de 150 m³/s ;
- l'ouvrage de restitution sera fermé dès que le seuil déverse ;

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

- l'ouvrage de restitution sera ouvert pour soutenir le débit d'étiage et garantir un débit minimum de 5 à 10 m³/s.

Il faut noter que le volume stocké au moment du déversement est estimé à 152 M m³.

En tenant compte de cette gestion et des débits décadaires moyens mensuels du Bani à Douna de 1952 à 2004, on obtient :

Tableau 39 : Débits décadaires moyens du Bani à Douna sur la période 1952-2004.

	Mai			Juin			Juillet		
Qd (m ³ /s)	16,1	17,4	18,3	25,3	36,1	47,6	68,0	115	219
Qret (m ³ /s)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,0	28,6	54,9
Qrest (m ³ /s)	16,1	17,4	18,3	25,3	36,1	47,6	51,0	85,9	165
	Août			Septembre			Octobre		
Qd (m ³ /s)	443	724	1042	1365	1570	1644	1570	1387	1110
Qret (m ³ /s)	111	181	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Qrest (m ³ /s)	332	543	1042	1365	1570	1644	1570	1387	1110
	Novembre			Décembre			Janvier		
Qd (m ³ /s)	815	566	387	267	192	147	125	99,7	81,8
Qret (m ³ /s)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Qrest (m ³ /s)	815	566	387	267	192	147	125	99,7	81,8
	Février			Mars			Avril		
Qd (m ³ /s)	66,3	54,4	44,9	37,8	31,6	25,9	21,4	17,6	15,2
Qret (m ³ /s)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Qrest (m ³ /s)	66,3	54,4	44,9	37,8	31,6	25,9	21,4	17,6	15,2

Source : Etude des impacts hydrologiques du seuil de Talo Bani (PMB, 2004)

Qd : sans le seuil de Talo, Qret : retenus par le seuil de Talo et Qrest : restitués en aval du seuil. Ces débits représentés sur le graphique qui suit (**Figure 29**) montrent que l'impact a lieu seulement durant la période de crue, c'est à dire de Juillet à Août. En dehors de ces mois le seuil de Talo n'a pas d'impact sur le régime hydrologique naturel du Bani.

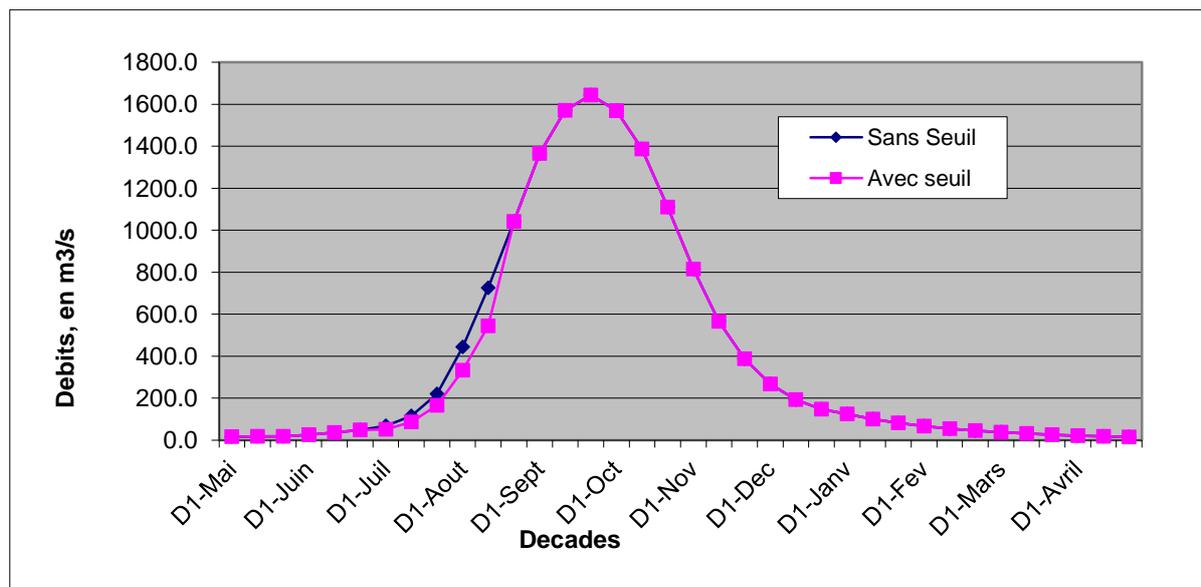


Figure 29 : Hydrogrammes des débits restitués en aval du seuil de Talo en année moyenne

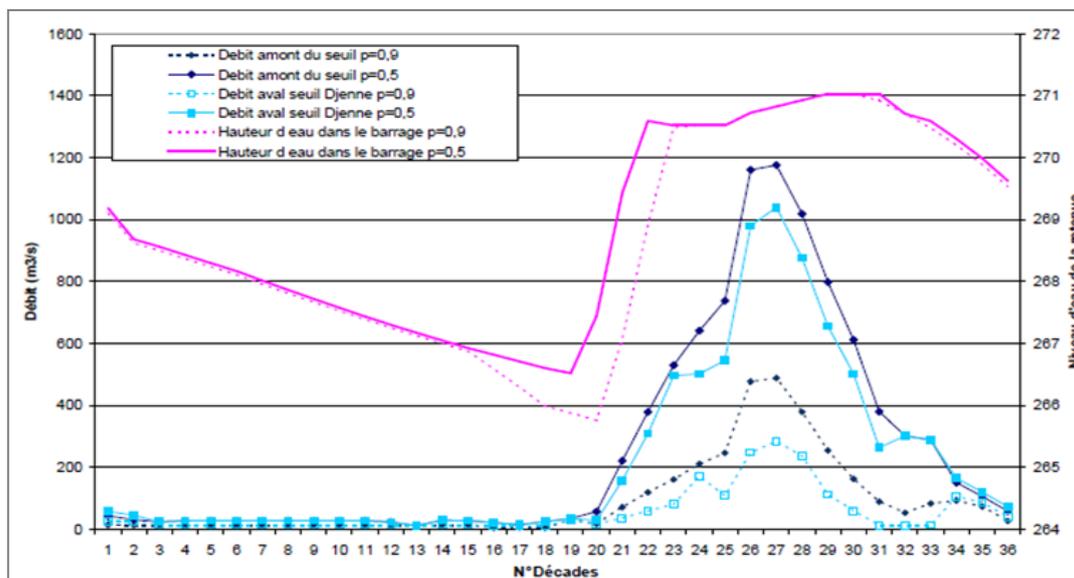
Seuil de Djenné :

Le seuil en construction de Djenné est situé en amont de la station de bény Kégný (Superficie du bassin versant égal à 116 000 km²). Les études de ce seuil ont débuté dès 1975 par des études préliminaires réalisées par SCET International. À cette époque le niveau de la retenue normale était fixé à la cote 272 m pour assurer l'alimentation du périmètre de San. Dès 1977, le Génie Rural proposait de revoir la conception du barrage et en particulier d'envisager de réduire la cote de retenue normale à 271,15. Selon l'APD du seuil de Djenné, la construction de ce seuil, annoncée dans l'étude de factibilité de 1987, la courbe de remous du seuil de Djenné aura une influence sur les niveaux du Bani au droit des plaines de San Ouest et Est.

Les règles de gestion du seuil, établies dans l'Avant-Projet Détaillé du seuil de Djenné, étude réalisée par le Groupement BCEOM – Coyne et Bellier – Betico en 2007 sont :

- remplissage à partir du 1^{er} juin et dès que les débits entrant excèdent 20m³/s en prélevant 50% environ des débits ;
- la cote 270,70 est atteinte dans les 2 dernières décades d'août, permettant la submersion contrôlée sur l'ensemble de la zone aménagée ;
- la cote du plan d'eau est ensuite portée à 271 en étalant les prélèvements sur le pic de crue de septembre à la mi-octobre ;
- utilisation éventuelle de la retenue pour le maintien du niveau d'eau dans les rizières en fin de cycle du riz ;
- vidange contrôlée de la retenue jusqu'à atteindre la cote 268,65 au 15 janvier ;
- à partir de ce moment le débit sanitaire de Talo est intégralement restitué à l'aval du seuil.

L'hydrogramme résultant de la gestion du seuil de Djenné selon les auteurs est le suivant :



(Source : Extrait de l'APD du seuil de Djenné).

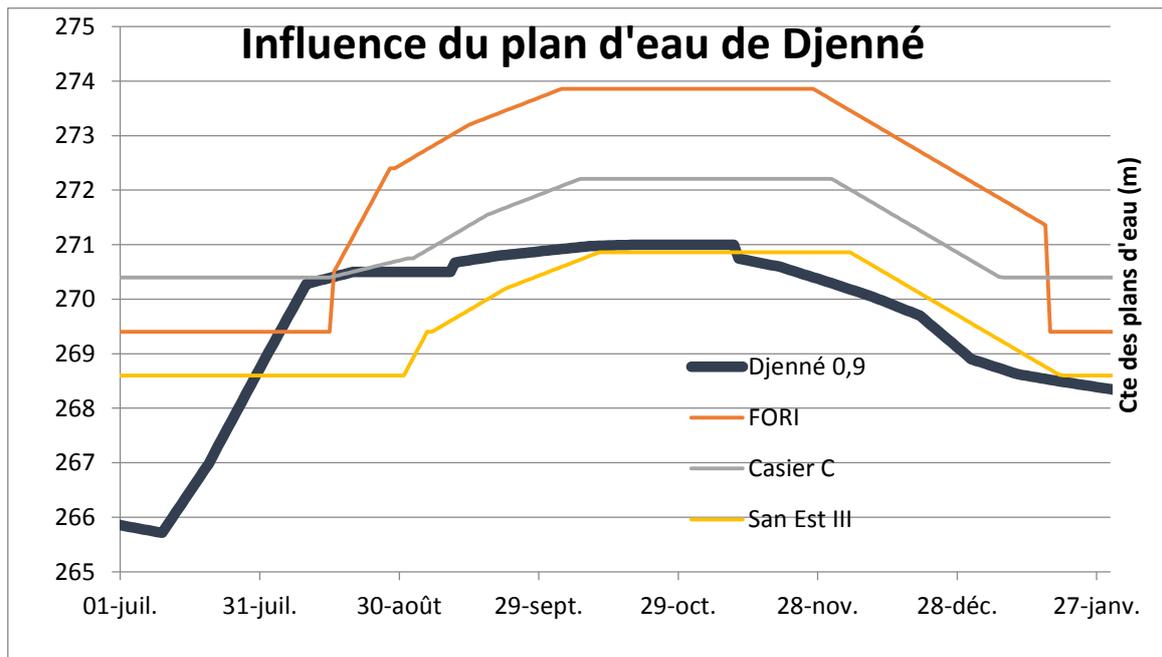
Figure 30: Hydrogramme résultant de la gestion du seuil de Djenné

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

Les sites de vidange du moyen Bani sont liés au canal d'amené San Ouest correspondant à Fori, au casier C et au casier de San Est III.

Les courbes de remplissage et de vidange de ces 3 sites sont comparées ci-après avec l'hydrogramme résultant du seuil de Djenné avec une probabilité de dépassement de 90%.

Il apparaît clairement que la côte du plan d'eau influencé par le seuil de Djenné est toujours inférieure à celle des 3 réservoirs lors de la période de vidange (décembre à janvier). Autrement dit, il est toujours possible de vidanger les casiers du Moyen Bani lors des périodes de vidange.



(Source : Extrait de l'APD du seuil de Djenné)

Figure 31 : Impact du seuil de Djenné sur le Bani

III. Les besoins en eau des cultures

Les besoins en eau des cultures potentiellement aptes sont présentés dans le tableau ci-après :

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

Tableau 40 : Les besoins en eau des cultures

Désignation	Mois	CSC				Hivernage				CSF				Total
		Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	
Climatologie														
Nombre de jours		31.00	30.00	31.00	30.00	31.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00	31.00	28.00	
Eto moyenne (mm/jour)		6.38	6.76	6.58	6.11	4.93	4.24	4.33	4.62	4.58	4.22	4.56	5.65	
Eto moyenne (mm)		197.78	202.80	203.98	183.30	152.83	131.44	129.90	143.22	137.40	130.82	141.36	158.20	1913.0
Pluie quinquennale sèche (mm)				15.30	54.30	126.00	158.00	79.00	5.79					438.39
Pluie utile Pe (mm)				9.18	32.58	100.80	126.40	63.20	3.47					335.63
Coef. culturaux (Kc)														
Riz hiver														
Riz CSC		1.05	0.95	0.70									0.50	
Maïs hiver					0.30	1.00	1.20	0.86	0.35					
Maïs CSF		0.35								0.30	1.00	1.20	0.86	
Sorgho hiver					0.30	0.82	1.00	0.82	0.55					
Sorgho CSF		0.55								0.30	0.82	1.00	0.82	
Tomate		0.80								0.60	1.03	1.15	0.99	
Oignon		0.85								0.63	0.95	1.05	0.98	
Piment		0.90								0.60	1.00	1.05	1.00	
Besoins potentiels en eau des cultures au rendement optimum (mm)														
Riz hiver						168	158	150	150					
Riz CSC		208	193	143									79	
Maïs hiver					55	153	158	112	50					527
Maïs CSF		69								41	131	170	136	547
Sorgho hiver					55	125	131	107	79					497
Sorgho CSF		109								41	107	141	130	528
Tomate		158								82	134	163	157	694
Oignon		168								86	124	148	155	681
Piment		178								82	131	148	158	698

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

Besoins potentiels en eau d'irrigation au rendement optimum (mm)														
Riz hiver						67	31	87	147					
Riz CSC		208	193	134									79	
Maïs hiver					22	52	31	49	47					201
Maïs CSF		69								41	131	170	136	547
Sorgho hiver					22	25	5	43	75					171
Sorgho CSF		109								41	107	141	130	528
Tomate		158								82	134	163	157	694
Oignon		168								86	124	148	155	681
Piment		178								82	131	148	158	698
Coeff d'occupation du sol	<i>% occupation</i>													
Riz hiver	100.0%					100%	100%	100.0%	100.0%					
Riz CSC	100.0%	100.0%	100%	100%									100%	
Maïs hiver	100.0%				100%	100%	100%	100.0%	100%					
Maïs CSF	100.0%	100.0%								100.0%	100.0%	100%	100%	
Sorgho hiver	100.0%				100%	100.0%	100.0%	100.0%	100%					
Sorgho CSF	100.0%	100.0%								100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	
Tomate	100.0%	100.0%								100.0%	100.0%	100%	100%	
Oignon	100.0%	100.0%								100.0%	100.0%	100%	100%	
Piment	100.0%	100.0%								100.0%	100.0%	100%	100%	
Besoins d'irrigation (mm) par culture														
Ep (riziculture)		65%	65%	65%	65%	65%	65%	65%	65%	65%	65%	65%	65%	65%
Ep (polyculture)		50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
Infiltration (mm/j)		3	3	3		6	3	3	3				6	
Pré-irrigation/Imbibition/Submersion Riz (mm)		100			50	100	100						50	100 250
Pré-irrigation (prenant en compte Pe) (mm)		100			17								50	100 250
Besoins en eau net riz hiver (mm)					17.4	253.3	124.3	177.1	239.9					812
Besoins en eau brut riz hiver (mm)					26.7	388.5	190.7	271.6	367.9					1 245
Débit fictif continu (l/s/ha)					0.10	1.45	0.71	1.05	1.37					5
DMP (l/s/ha) (12 h d'irrigation)					0.21	2.90	1.42	2.10	2.75					9
Besoins en eau net riz CSC (mm)		401	283	227									50	347 1 307
Besoins en eau brut riz CSC (mm)		614.5	433.5	347.5									76.7	532.3 2 004
Débit fictif continu (l/s/ha)		2.29	1.67	1.30									0.29	2.20 8

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

DMP (l/s/ha) (12 h d'irrigation)		4.59	3.34	2.60								0.57	4.40	16
Besoins en eau net maïs hiver (mm)					22.4	52.0	31.3	48.5	46.7					201
Besoins en eau brut maïs hiver (mm)					44.94	104.35	62.83	97.29	93.6					403
Débit fictif continu (l/s/ha)					0.17	0.39	0.23	0.38	0.35					2
DMP (l/s/ha) (12 h d'irrigation)					0.35	0.78	0.47	0.75	0.70					3
Besoins en eau net maïs CSF (mm)		69.22								41.22	130.82	169.63	136.05	547
Besoins en eau brut maïs CSF (mm)		138.83								82.67	262.36	340.20	272.85	1 097
Débit fictif continu (l/s/ha)		0.52								0.32	0.98	1.27	1.13	4
DMP (l/s/ha) (12 h d'irrigation)		1.04								0.64	1.96	2.54	2.26	8
Besoins en eau net Sorgho hiver (mm)					22.41	24.52	5.04	43.32	75.30					171
Besoins en eau brut Sorgho hiver (mm)					44.94	49.18	10.11	86.87	151.01					342
Débit fictif continu (l/s/ha)					0.17	0.18	0.04	0.34	0.56					1
DMP (l/s/ha) (12 h d'irrigation)					0.35	0.37	0.08	0.67	1.13					3
Besoins en eau net Sorgho CSF (mm)		108.78								41.22	107.27	141.36	129.72	528
Besoins en eau brut Sorgho CSF (mm)		218.16								82.67	215.13	283.50	260.16	1 060
Débit fictif continu (l/s/ha)		0.81								0.32	0.80	1.06	1.08	4
DMP (l/s/ha) (12 h d'irrigation)		1.63								0.64	1.61	2.12	2.15	8
Besoins en eau net Tomate (mm)		158.22								82.44	134.22	162.56	156.62	694
Besoins en eau brut Tomate (mm)		317.32								165.33	269.18	326.02	314.10	1 392
Débit fictif continu (l/s/ha)		1.18								0.64	1.01	1.22	1.30	5
DMP (l/s/ha) (12 h d'irrigation)		2.37								1.28	2.01	2.43	2.60	11
Besoins en eau net Oignon (mm)		168.11								85.88	124.28	148.43	154.72	681
Besoins en eau brut Oignon (mm)		337.15								172.22	249.24	297.67	310.29	1 367
Débit fictif continu (l/s/ha)		1.26								0.66	0.93	1.11	1.28	5
DMP (l/s/ha) (12 h d'irrigation)		2.52								1.33	1.86	2.22	2.57	10
Besoins en eau net piment (mm)		178.00								82.44	130.56	148.43	158.20	698
Besoins en eau brut piment (mm)		356.98								165.33	261.83	297.67	317.27	1 399
Débit fictif continu (l/s/ha)		1.33								0.64	0.98	1.11	1.31	5
DMP (l/s/ha) (12 h d'irrigation)		2.67								1.28	1.96	2.22	2.62	11
Besoins nets en eau globaux (mm/mois)		1083.0	282.6	226.6	62.24	329.86	160.70	268.93	361.86	333.20	627.15	820.41	1082.4	5639
Besoins bruts en eau globaux (mm/mois)		1982.9	433.4	347.5	116.6	542.00	263.61	455.76	612.49	668.22	1257.75	1621.7	2006.9	

IV. Calage et dimensionnement des canaux et drains

A. Réseau d'irrigation

Tableau 41 : Caractéristiques des canaux tertiaires

Caractéristiques des canaux tertiaires								
Nombre	m	Q max (m ³ /s)	Ks	penne	y (m)	b (m)	V (m/s)	Revanche (m)
63	2	0.03	35	0.0001	0.25	0.40	0.0875	0.20

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

Tableau 42 : Calage et dimensionnement du canal secondaire CS1G

P.M	Canal	Longueur	TN max	Surface irriguée	Débit au tertiaire	Débit Modulé Prélevé	Débit au secondaire	Débit cumulé	y	b	m	A	P mouillé	Pente énergie	Côte fond	PE Qmax	Contraintes Canaux Tertiaires	Pente Fond canal	Vitesse	Côte Cavalier
(m)	-	(m)	(m)	(ha)	(l/s)	(l/s)	(l/s)	(m ³ /s)	(m)	(m)	-	(m ²)	(m)	(cm/km)	(m)	(m)	(m)	(cm/km)	(m/s)	(m)
0								0.094	0.40	0.5	1	0.36	1.631	14.425	273.50	273.90		10.0	0.26	274.10
13.66	CT1.1D	414.6	273.45	10.0	26.20	30	31.58	0.063	0.40	0.5	1	0.35	1.630	6.449	273.49	273.89	273.85	10.0	0.18	274.10
100								0.063	0.40	0.5	1	0.36	1.638	6.260	273.49	273.89		10.0	0.17	274.09
200								0.063	0.41	0.5	1	0.36	1.649	6.039	273.48	273.88		10.0	0.17	274.09
244.86	CT1.2D	429.3	273.45	9.6	25.15	30	31.58	0.031	0.41	0.5	1	0.37	1.654	1.484	273.47	273.88	273.85	10.0	0.09	274.08
300								0.031	0.41	0.5	1	0.37	1.667	1.419	273.47	273.88		10.0	0.08	274.08
400								0.031	0.42	0.5	1	0.38	1.691	1.309	273.46	273.88		10.0	0.08	274.08
473.79	CT1.3D	433.6	273.4	9.9	25.94	30	31.58	0.031	0.43	0.5	1	0.39	1.710	1.234	273.45	273.88	273.80	10.0	0.08	274.08
481.5								0.031	0.43	0.5	1	0.39	1.712	1.227	273.45	273.88		10.0	0.08	274.08
		1277		29.5	77.29	90	94.737													

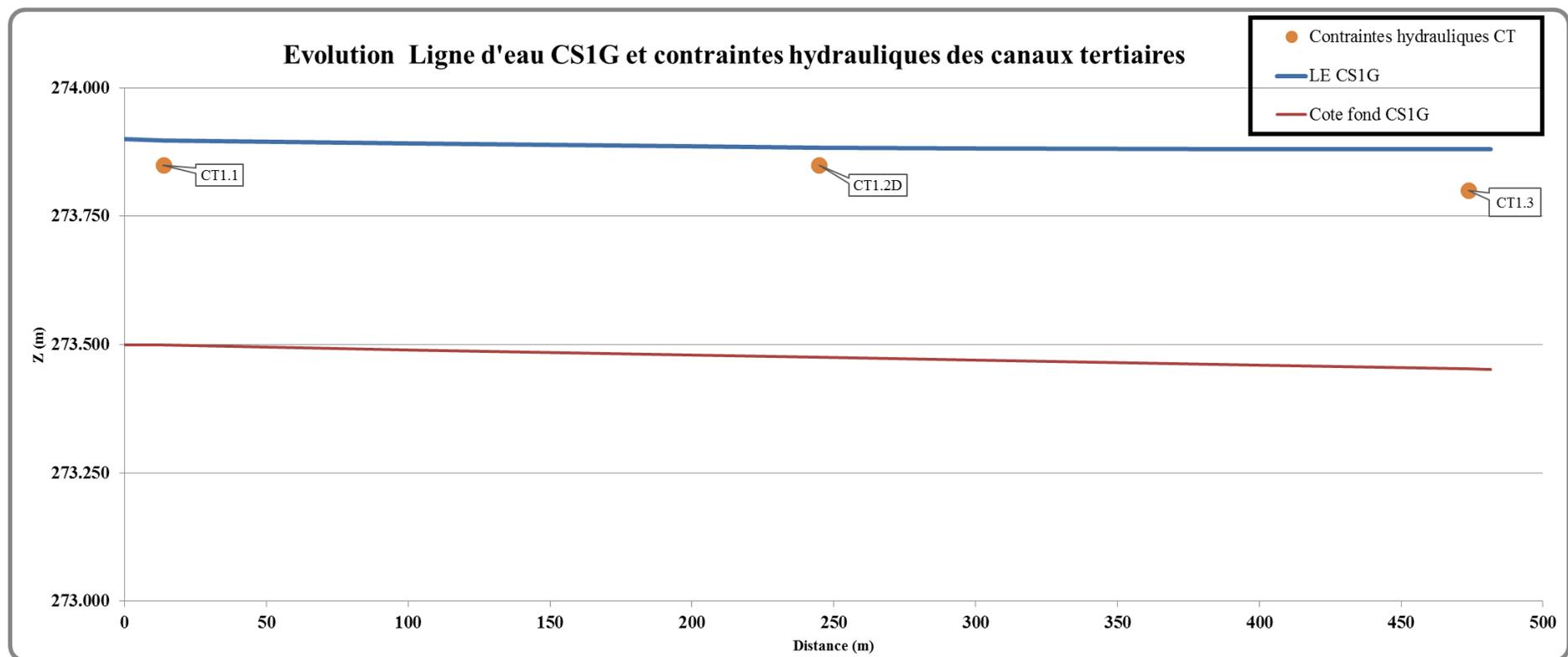


Figure 32 : Evolution ligne d'eau CS1G et contraintes hydrauliques des canaux tertiaires

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

Tableau 43 : Calage et dimensionnement du canal secondaire CS2G

P.M	Canal	Longueur	TN max	Surface irriguée	Débit au tertiaire	Débit Modulé Prélevé	Débit au secondaire	Débit cumulé	y	b	m	A	P mouillé	Pente énergie	Côte fond	PE Qmax	Contraintes Canaux Tertiaires	Pente Fond canal	Vitesse	Côte Cavalier
(m)	-	(m)	(m)	(ha)	(l/s)	(l/s)	(l/s)	(m³/s)	(m)	(m)		(m²)	(m)	(cm/km)	(m)	(m)	(m)	(cm/km)	(m/s)	(m)
0								0.147	0.45	0.5	1	0.427	1.773	21.992	273.60	274.05		10.0	0.34	274.25
10.07	CT2.1G	489.06	273.45	9.31	24.39	25	26.32	0.121	0.45	0.5	1	0.426	1.769	14.997	273.59	274.04	273.95	10.0	0.28	274.25
15.07	R1							0.121	0.45	0.5	1	0.425	1.769	15.031	273.59	274.04		10.0	0.28	274.25
15.17	R1							0.121	0.44	0.5	1	0.414	1.745	16.216	273.200	273.64		10.0	0.29	273.84
300								0.121	0.42	0.5	1	0.389	1.694	19.057	273.17	273.59		10.0	0.31	273.79
400								0.121	0.41	0.5	1	0.377	1.669	20.745	273.16	273.57		10.0	0.32	273.77
500								0.121	0.40	0.5	1	0.363	1.638	22.990	273.15	273.55		10.0	0.33	273.75
560.9	CT2.2G	327.41	273.10	7.4	19.38	20	21.05	0.100	0.39	0.5	1	0.353	1.616	16.949	273.14	273.54	273.50	10.0	0.28	273.74
600								0.100	0.39	0.5	1	0.349	1.608	17.409	273.14	273.53		10.0	0.29	273.73
700								0.100	0.38	0.5	1	0.340	1.587	18.745	273.13	273.51		10.0	0.29	273.72
799.8	CT2.3G	342.44	273.05	6.8	17.81	20	21.05	0.078	0.38	0.5	1	0.329	1.563	12.767	273.12	273.49	273.45	10.0	0.24	273.70
900								0.078	0.37	0.5	1	0.326	1.555	13.137	273.11	273.48		10.0	0.24	273.68
1000								0.078	0.37	0.5	1	0.322	1.546	13.571	273.10	273.47		10.0	0.25	273.67
1017	CT2.4G	345.86	273.00	5.72	14.98	15	15.79	0.063	0.37	0.5	1	0.321	1.544	8.742	273.10	273.46	273.40	10.0	0.20	273.67
1100								0.063	0.37	0.5	1	0.322	1.547	8.649	273.09	273.46		10.0	0.20	273.66
1199.	CT2.5G	351.95	273.00	5.98	15.66	20	21.05	0.042	0.37	0.5	1	0.324	1.551	3.790	273.08	273.45	273.40	10.0	0.13	273.65
1300								0.042	0.38	0.5	1	0.332	1.569	3.555	273.07	273.44		10.0	0.13	273.65
1386.9	CT2.6G	358.71	272.99	6.51	17.05	20	21.05	0.021	0.38	0.5	1	0.339	1.584	0.840	273.06	273.44	273.39	10.0	0.06	273.65
1400								0.021	0.38	0.5	1	0.340	1.588	0.830	273.06	273.44		10.0	0.06	273.65
1500								0.021	0.39	0.5	1	0.352	1.614	0.757	273.05	273.44		10.0	0.06	273.65
1587.1	CT2.7G	360.43	272.93	5.82	15.24	20	21.05	0.021	0.40	0.5	1	0.362	1.637	0.700	273.04	273.44	273.33	10.0	0.06	273.64
1593.0								0.021	0.40	0.5	1	0.363	1.638	0.696	273.04	273.44		10.0	0.06	273.64
		2575.8		47.54	124.5	140	147.36													

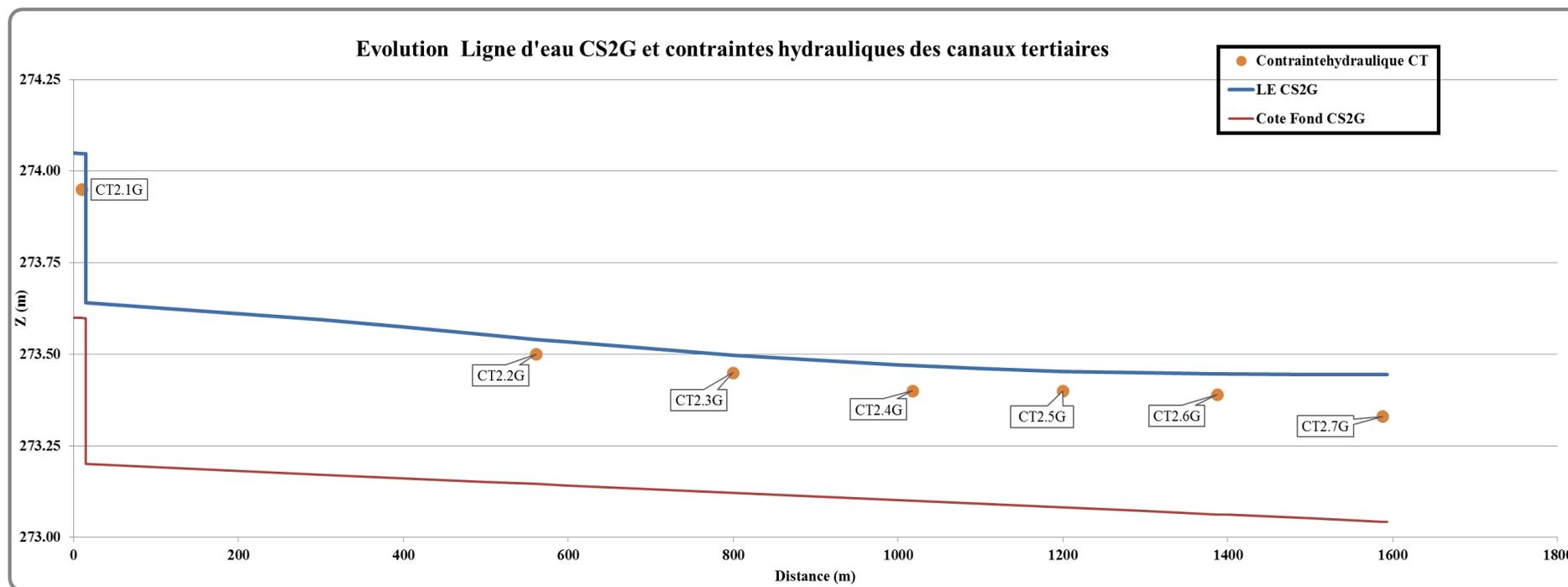


Figure 33 : Evolution ligne d'eau CS2G et contraintes hydrauliques des canaux tertiaires

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

Tableau 44 : Calage et dimensionnement du canal secondaire CS3G

P.M	Canal	Longueur	TN max	Surface irriguée	Débit au tertiaire	Débit Modulé Prélevé	Débit au secondaire	Débit cumulé	y	b	m	A	P mouillé	Pente énergie	Côte fond	PE Qmax	Contraintes Canaux Tertiaires	Pente Fond canal	Vitesse	Côte Cavalier
(m)	-	(m)	(m)	(ha)	(l/s)	(l/s)	(l/s)	(m³/s)	(m)	(m)		(m²)	(m)	(cm/km)	(m)	(m)	(m)	(cm/km)	(m/s)	(m)
0								0.152	0.45	0.5	1	0.427	1.773	23.591	273.80	274.25		10.0	0.36	274.45
14.3	CT3.1 G	672.19	273.65	9.63	25.23	30	31.58	0.121	0.45	0.5	1	0.425	1.767	15.095	273.79	274.24	274.15	10.0	0.28	274.45
23.38	CT3.2G	413.08	273.55	9.05	23.71	25	26.32	0.094	0.45	0.5	1	0.424	1.766	9.283	273.79	274.24	274.05	10.0	0.22	274.45
100								0.094	0.45	0.5	1	0.425	1.768	9.238	273.79	274.23		10.0	0.22	274.44
200								0.094	0.45	0.5	1	0.426	1.770	9.176	273.78	274.22		10.0	0.22	274.43
261.95	CT3.3G	403.95	273.65	9.56	25.05	25	26.32	0.068	0.45	0.5	1	0.427	1.771	4.765	273.77	274.22	274.15	10.0	0.16	274.42
266.95	R1							0.068	0.45	0.5	1	0.427	1.772	4.754	273.77	274.22		10.0	0.16	274.42
267.05	R1							0.068	0.35	0.5	1	0.297	1.490	12.590	273.60	273.95		10.0	0.23	274.15
500								0.068	0.34	0.5	1	0.290	1.473	13.453	273.57	273.92		10.0	0.24	274.12
515.25	CT3.4G	403.36	273.35	6.54	17.13	20	21.05	0.047	0.34	0.5	1	0.290	1.471	6.486	273.57	273.91	273.85	10.0	0.16	274.12
520.25	R2							0.047	0.34	0.5	1	0.290	1.472	6.473	273.57	273.91		10.0	0.16	274.12
520.35	R2							0.047	0.30	0.5	1	0.240	1.349	10.809	273.20	273.50		10.0	0.20	273.70
600								0.047	0.30	0.5	1	0.239	1.347	10.896	273.19	273.49		10.0	0.20	273.69
695.04	CT3.5G	398	273.05	6.66	17.44	20	21.05	0.026	0.30	0.5	1	0.238	1.344	3.399	273.18	273.48	273.45	10.0	0.11	273.68
700								0.026	0.30	0.5	1	0.239	1.345	3.385	273.18	273.48		10.0	0.11	273.68
800								0.026	0.31	0.5	1	0.246	1.364	3.119	273.17	273.47		10.0	0.11	273.68
879.37	CT3.6G	396.68	272.95	8.33	21.82	25	26.32	0.026	0.31	0.5	1	0.252	1.379	2.918	273.16	273.47	273.35	10.0	0.10	273.68
886.81								0.026	0.31	0.5	1	0.253	1.381	2.899	273.16	273.47		10.0	0.10	273.67
		2290.5		49.77	130.3	145	152.63													

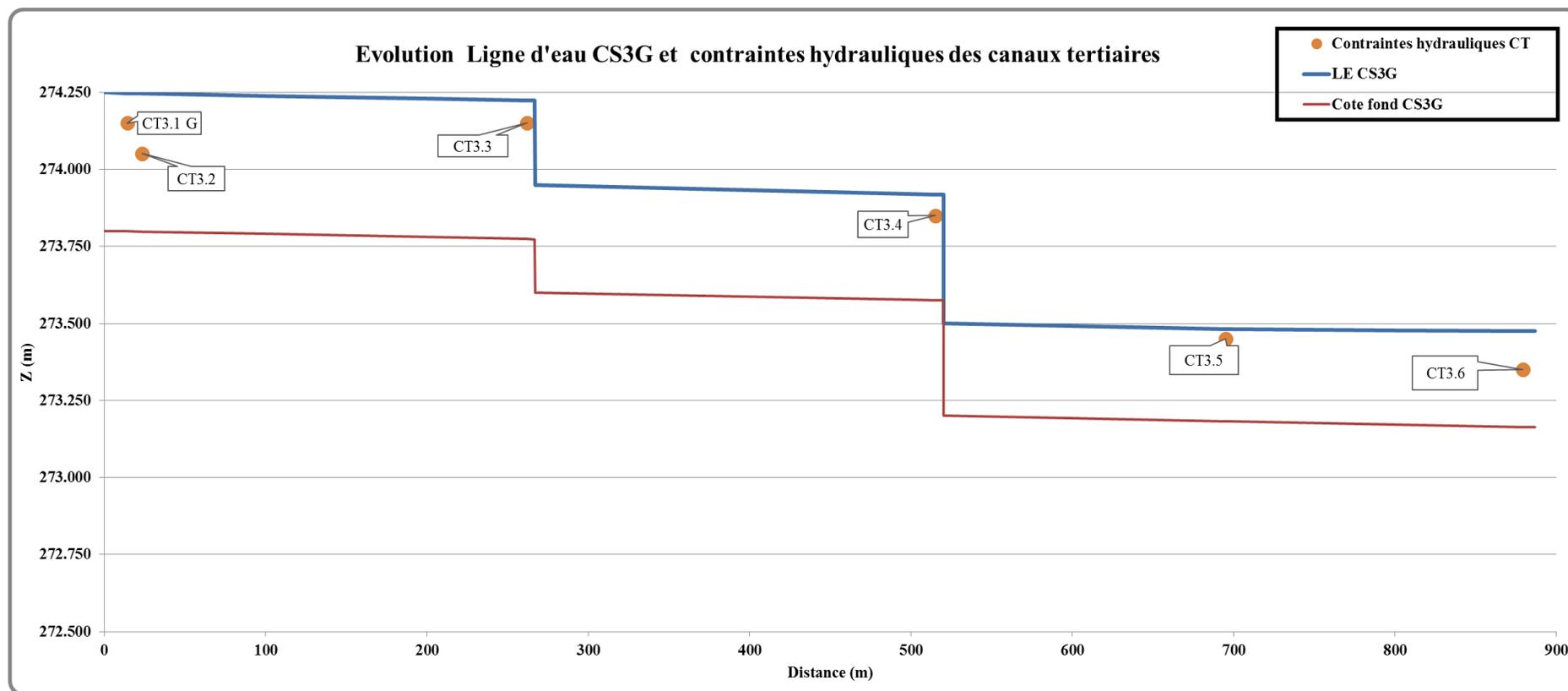


Figure 34 : Evolution ligne d'eau CS3G et contraintes hydrauliques des canaux tertiaires

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

Tableau 45 : Calage et dimensionnement du canal secondaire CS1.1D

P.M	Canal	Longueur	TN max	Surface irriguée	Débit au tertiaire	Débit Modulé Prélevé	Débit au secondaire	Débit cumulé	y	b	m	A	P mouillé	Pente énergie	Côte fond	PE Qmax	Contraintes Canaux Tertiaires	Pente Fond canal	Vitesse	Côte Cavalier
(m)	-	(m)	(m)	(ha)	(l/s)	(l/s)	(l/s)	(m³/s)	(m)	(m)		(m²)	(m)	(cm/km)	(m)	(m)	(m)	(cm/km)	(m/s)	(m)
0								0.221	0.60	0.6	1	0.720	2.297	12.29	273.90	274.50		10.0	0.31	274.70
15.32	CT1.1.1G	419.2	273.90	5.58	14.61	15	15.79	0.205	0.60	0.6	1	0.719	2.296	10.628	273.89	274.49	274.40	10.0	0.29	274.70
100								0.205	0.60	0.6	1	0.718	2.295	10.666	273.89	274.48		10.0	0.29	274.69
121.58	CT1.1.2G	371.3	273.95	8.74	22.89	25	26.32	0.178	0.60	0.6	1	0.718	2.294	8.114	273.88	274.48	274.45	10.0	0.25	274.69
200								0.178	0.60	0.6	1	0.721	2.298	8.034	273.88	274.48		10.0	0.25	274.68
300								0.178	0.60	0.6	1	0.724	2.304	7.930	273.87	274.47		10.0	0.25	274.67
374.15	CT1.1.3G	377.8	273.95	8.13	21.30	25	26.32	0.152	0.60	0.6	1	0.727	2.308	5.710	273.86	274.46	274.45	10.0	0.21	274.67
400								0.152	0.61	0.6	1	0.729	2.311	5.668	273.86	274.46		10.0	0.21	274.67
500								0.152	0.61	0.6	1	0.737	2.324	5.508	273.85	274.45		10.0	0.21	274.66
600								0.152	0.61	0.6	1	0.745	2.336	5.348	273.84	274.45		10.0	0.20	274.65
605.67	CT1.1.4G	387.3	273.90	8.84	23.16	25	26.32	0.126	0.61	0.6	1	0.746	2.337	3.656	273.83	274.45	274.40	10.0	0.17	274.65
610.67	R1							0.126	0.61	0.6	1	0.746	2.338	3.649	273.83	274.45		10.0	0.17	274.65
610.77	R1							0.126	0.55	0.6	1	0.633	2.156	5.682	273.75	274.30		10.0	0.20	274.50
700								0.126	0.55	0.6	1	0.639	2.167	5.527	273.74	274.29		10.0	0.20	274.49
800								0.126	0.56	0.6	1	0.647	2.179	5.353	273.73	274.28		10.0	0.20	274.49
852.34	CT1.1.5G	391.8	273.75	9.33	24.44	25	26.32	0.100	0.56	0.6	1	0.651	2.186	3.298	273.72	274.28	274.25	10.0	0.15	274.49
857.34	R2							0.100	0.56	0.6	1	0.651	2.187	3.290	273.72	274.28		10.0	0.15	274.49
857.44	R2							0.100	0.50	0.6	1	0.550	2.014	5.184	273.10	273.60		10.0	0.18	273.80
900								0.100	0.50	0.6	1	0.553	2.020	5.101	273.09	273.59		10.0	0.18	273.80
1000								0.100	0.51	0.6	1	0.561	2.034	4.911	273.08	273.59		10.0	0.18	273.79
1107.0	CT1.1.6G	400.1	273.05	7.96	20.85	25	26.32	0.073	0.51	0.6	1	0.570	2.049	2.557	273.07	273.58	273.55	10.0	0.13	273.79
1112.0	R3							0.073	0.51	0.6	1	0.571	2.050	2.549	273.07	273.58		10.0	0.13	273.79
1112.1	R3							0.073	0.45	0.6	1	0.472	1.873	4.237	272.85	273.30		10.0	0.16	273.50
1200								0.073	0.46	0.6	1	0.480	1.887	4.058	272.84	273.29		10.0	0.15	273.50
1323.0	CT1.1.7G	404.6	272.80	5.55	14.54	15	15.79	0.057	0.46	0.6	1	0.491	1.908	2.355	272.82	273.29	273.20	10.0	0.12	273.49
1400								0.057	0.47	0.6	1	0.500	1.925	2.242	272.82	273.29		10.0	0.12	273.49
1476.1	CT1.1.8G	411.1	272.75	9.4	24.62	25	26.32	0.031	0.47	0.6	1	0.509	1.941	0.635	272.81	273.28	273.15	10.0	0.06	273.49
1500								0.031	0.48	0.6	1	0.513	1.948	0.624	272.81	273.28		10.0	0.06	273.49
1700								0.031	0.50	0.6	1	0.542	2.001	0.537	272.79	273.28		10.0	0.06	273.49
1721.8	CT1.1.9G	424.4	272.80	9.95	26.06	30	31.58	0.031	0.50	0.6	1	0.546	2.007	0.528	272.78	273.28	273.20	10.0	0.06	273.49
1733.9								0.031	0.50	0.6	1	0.548	2.010	0.523	272.78	273.28		10.0	0.06	273.49
		1555		73.48	192.57	210	221.0													

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

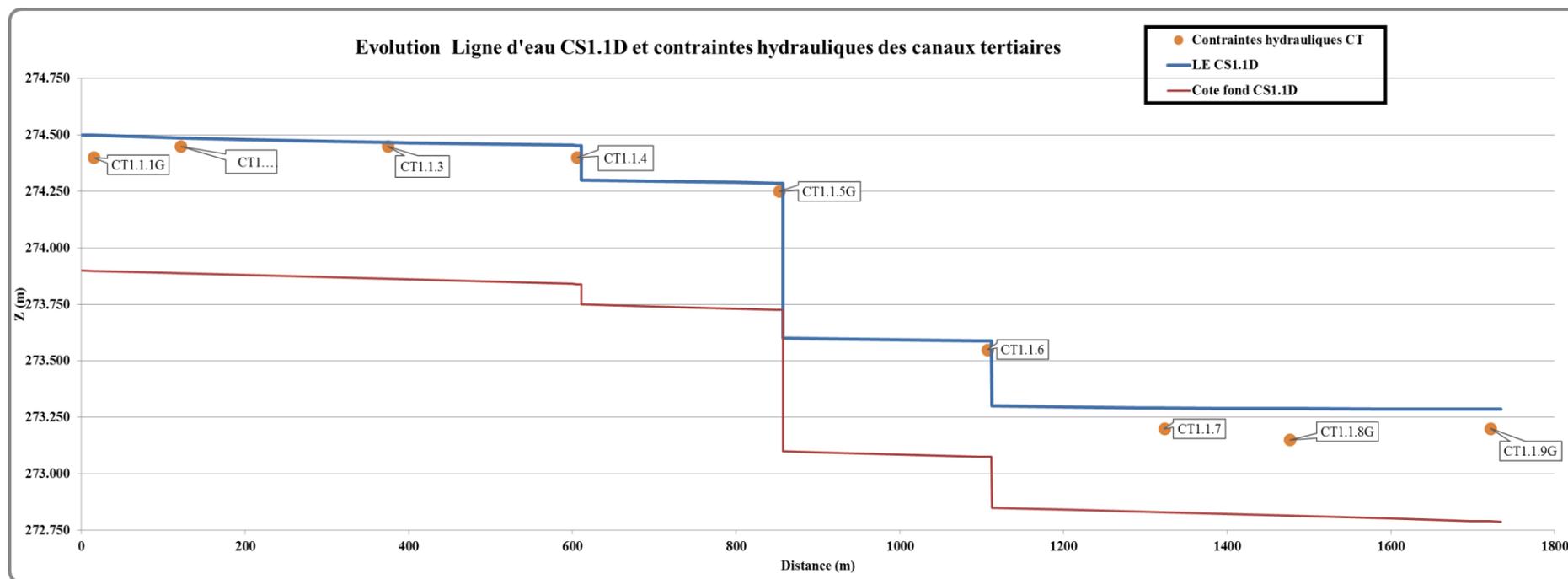


Figure 35 : Evolution ligne d'eau CS1.1D et contraintes hydrauliques des canaux tertiaires

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

Tableau 46 : Calage et dimensionnement du canal secondaire CS1.2D

P.M	Canal	Longueur	TN max	Surface irriguée	Débit au tertiaire	Débit Modulé Prélevé	Débit au secondaire	Débit cumulé	y	b	m	A	P mouillé	Pente énergie	Côte fond	PE Qmax	Contraintes Canaux Tertiaires	Pente Fond canal	Vitesse	Côte Cavalier
(m)	-	(m)	(m)	(ha)	(l/s)	(l/s)	(l/s)	(m³/s)	(m)	(m)		(m2)	(m)	cm/km	(m)	(m)	(m)	cm/km	(m/s)	(m)
0								0.2263	0.55	0.6	1	0.633	2.156	18.240	273.90	274.45		10.0	0.36	274.65
15.07	CT1.2.1G	415.2	273.85	6.08	15.9296	20.00	21.05	0.2053	0.55	0.6	1	0.630	2.152	15.139	273.89	274.44	274.35	10.0	0.33	274.65
100								0.2053	0.54	0.6	1	0.623	2.140	15.626	273.89	274.43		10.0	0.33	274.63
200								0.2053	0.54	0.6	1	0.614	2.124	16.282	273.88	274.41		10.0	0.33	274.62
338.11	CT1.2.2G	383.2	273.70	7.7	20.174	25	26.32	0.1789	0.53	0.6	1	0.599	2.098	13.223	273.86	274.39	274.20	10.0	0.30	274.60
400								0.1789	0.53	0.6	1	0.595	2.093	13.421	273.86	274.38		10.0	0.30	274.59
487.78	CT1.2.3G	387.7	273.85	9.84	25.7808	30	31.58	0.1474	0.52	0.6	1	0.590	2.084	9.309	273.85	274.37	274.35	10.0	0.25	274.58
500								0.1474	0.52	0.6	1	0.590	2.085	9.303	273.85	274.37		10.0	0.25	274.57
600								0.1474	0.53	0.6	1	0.592	2.087	9.255	273.84	274.36		10.0	0.25	274.57
623.89	CT1.2.4G	385.5	273.85	8.22	21.5364	25	26.32	0.1211	0.53	0.6	1	0.592	2.087	6.236	273.83	274.36	274.35	10.0	0.20	274.56
628.89	R1							0.1211	0.53	0.6	1	0.592	2.088	6.227	273.83	274.36		10.0	0.20	274.56
628.99	R1							0.1211	0.49	0.5	1	0.485	1.886	10.574	273.50	273.99		10.0	0.25	274.19
700								0.1211	0.49	0.5	1	0.484	1.885	10.609	273.49	273.98		10.0	0.25	274.18
800								0.1211	0.49	0.5	1	0.484	1.883	10.662	273.48	273.97		10.0	0.25	274.17
850.83	CT1.2.5G	398.8	273.45	8.87	23.2394	25	26.32	0.0947	0.49	0.5	1	0.483	1.882	6.548	273.47	273.96	273.95	10.0	0.20	274.17
900								0.0947	0.49	0.5	1	0.486	1.887	6.458	273.47	273.96		10.0	0.20	274.16
1000								0.0947	0.49	0.5	1	0.491	1.897	6.275	273.46	273.95		10.0	0.19	274.16
1091.2	CT1.2.6G	400.6	273.35	9.56	25.0472	25	26.32	0.0684	0.50	0.5	1	0.496	1.907	3.184	273.45	273.95	273.85	10.0	0.14	274.15
1096.2	R2							0.0684	0.50	0.5	1	0.496	1.907	3.175	273.45	273.95		10.0	0.14	274.15
1096.3	R2							0.0684	0.50	0.5	1	0.500	1.914	3.115	272.95	273.45		10.0	0.14	273.65
1100								0.0684	0.50	0.5	1	0.500	1.915	3.109	272.95	273.45		10.0	0.14	273.65
1300								0.0684	0.51	0.5	1	0.521	1.954	2.783	272.93	273.44		10.0	0.13	273.64
1344.8	CT1.2.7G	411.1	272.90	8.02	21.0124	25	26.32	0.0421	0.52	0.5	1	0.526	1.964	1.028	272.92	273.44	273.40	10.0	0.08	273.64
1349.8	R3							0.0421	0.52	0.5	1	0.527	1.965	1.024	272.92	273.44		10.0	0.08	273.64
1349.9	R3							0.0421	0.48	0.5	1	0.470	1.858	1.389	272.70	273.18		10.0	0.09	273.38
1400								0.0421	0.48	0.5	1	0.477	1.870	1.340	272.69	273.17		10.0	0.09	273.38
1556.6	CT1.2.8G	419.4	272.75	6.03	15.7986	20	21.05	0.0211	0.50	0.5	1	0.497	1.908	0.300	272.67	273.17	273.15	10.0	0.04	273.38
1600								0.0211	0.50	0.5	1	0.503	1.920	0.290	272.67	273.17		10.0	0.04	273.38
1700								0.0211	0.51	0.5	1	0.518	1.948	0.268	272.66	273.17		10.0	0.04	273.38
1717.5	CT1.2.9G	415.8	272.60	6.19	16.2178	20	21.05	0.0211	0.51	0.5	1	0.521	1.953	0.265	272.66	273.17	273.00	10.0	0.04	273.38
1724.0								0.0211	0.51	0.5	1	0.521	1.954	0.264	272.66	273.17		10.0	0.04	273.38
		1571		70.51	184.73	215	226.3													

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

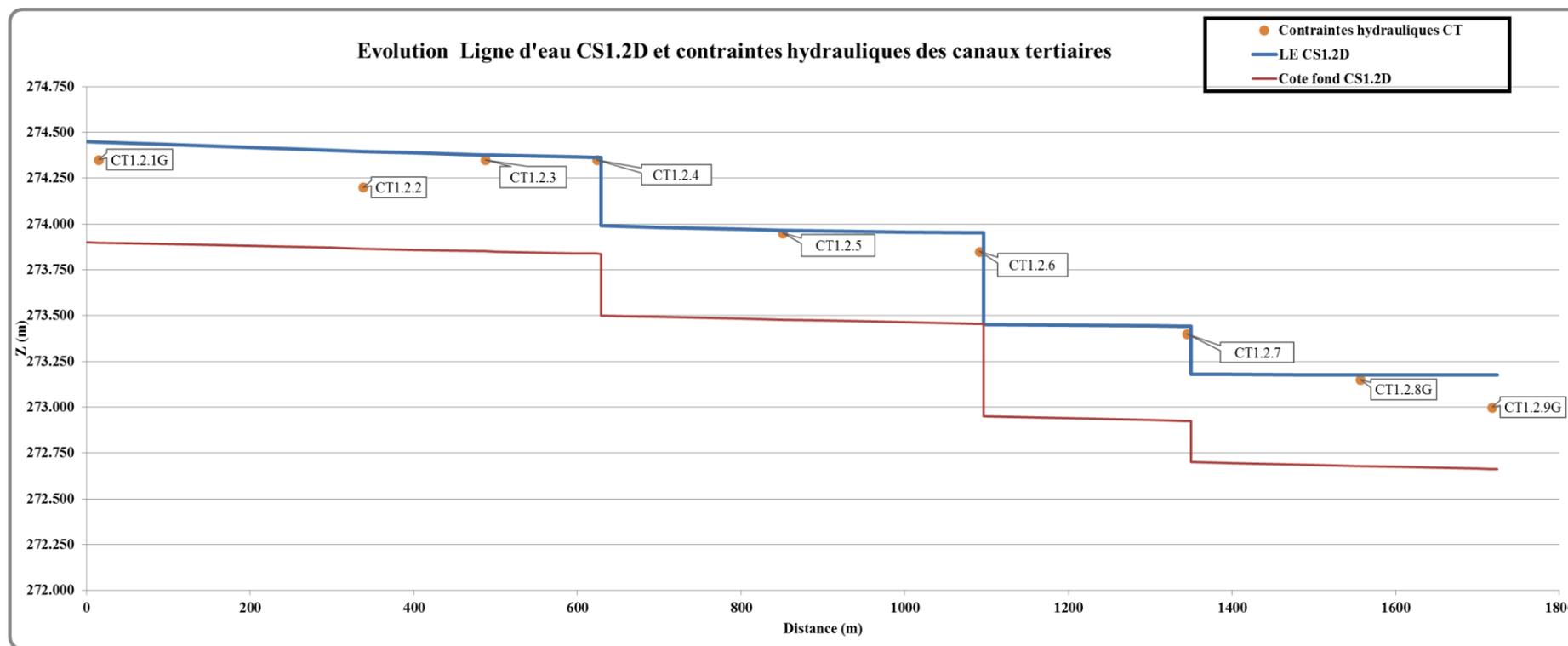


Figure 36 : Evolution ligne d'eau CS1.2D et contraintes hydrauliques des canaux tertiaires

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

Tableau 47 : Calage et dimensionnement du canal secondaire CS1.3D

P.M	Canal	Longueur	TN max	Surface irriguée	Débit au tertiaire	Débit Modulé Prélevé	Débit au secondaire	Débit cumulé	y	b	m	A	P mouillé	Pente énergie	Côte fond	PE Qmax	Contraintes Canaux Tertiaires	Pente Fond canal	Vitesse	Côte Cavalier
(m)	-	(m)	(m)	(ha)	(l/s)	(l/s)	(l/s)	(m³/s)	(m)	(m)		(m²)	(m)	cm/km	(m)	(m)	(m)	cm/km	(m/s)	(m)
0								0.20	0.55	0.6	1	0.632	2.156	14.245	273.600	274.150		10.0	0.32	274.35
14.86	CT1.3.1G	374.7	273.50	9.30	24.366	25.00	26.32	0.17	0.55	0.6	1	0.631	2.154	10.792	273.599	274.148	274.00	10.0	0.28	274.35
100								0.17	0.55	0.6	1	0.630	2.152	10.844	273.590	274.139		10.0	0.28	274.34
200								0.17	0.55	0.6	1	0.629	2.150	10.911	273.580	274.128		10.0	0.28	274.33
251.5	CT1.3.2G	339.7	273.45	8.3	21.746	25	26.32	0.14	0.55	0.6	1	0.628	2.148	7.882	273.575	274.122	273.95	10.0	0.23	274.32
300								0.14	0.55	0.6	1	0.630	2.151	7.823	273.570	274.118		10.0	0.23	274.32
400								0.14	0.55	0.6	1	0.633	2.157	7.701	273.560	274.111		10.0	0.23	274.31
500								0.147	0.55	0.6	1	0.637	2.164	7.575	273.550	274.103		10.0	0.23	274.30
506.9	CT1.3.3G	353.9	273.55	7.5	19.65	20	21.05	0.126	0.55	0.6	1	0.638	2.164	5.559	273.549	274.102	274.05	10.0	0.20	274.30
600								0.126	0.56	0.6	1	0.645	2.176	5.397	273.540	274.097		10.0	0.20	274.30
700								0.12	0.56	0.6	1	0.653	2.189	5.223	273.530	274.092		10.0	0.19	274.29
732.2	CT1.3.4G	359.9	273.50	7.85	20.567	25	26.32	0.100	0.56	0.6	1	0.655	2.193	3.238	273.527	274.090	274.00	10.0	0.15	274.29
737.2	R1							0.100	0.56	0.6	1	0.656	2.194	3.230	273.526	274.090		10.0	0.15	274.29
737.3	R1							0.100	0.42	0.5	1	0.386	1.688	13.286	273.380	273.800		10.0	0.26	274.00
800								0.100	0.42	0.5	1	0.384	1.682	13.544	273.374	273.792		10.0	0.26	273.99
900								0.100	0.41	0.5	1	0.379	1.672	14.002	273.364	273.778		10.0	0.26	273.98
961.0	CT1.3.5G	375.4	273.25	7.9	20.698	25	26.32	0.073	0.41	0.5	1	0.376	1.665	7.780	273.358	273.770	273.75	10.0	0.20	273.97
1000								0.073	0.41	0.5	1	0.377	1.668	7.717	273.354	273.767		10.0	0.20	273.97
1100								0.073	0.42	0.5	1	0.380	1.674	7.552	273.344	273.759		10.0	0.19	273.96
1185	CT1.3.6G	380.1	273.15	7.11	18.6282	20	21.05	0.052	0.42	0.5	1	0.383	1.680	3.778	273.335	273.752	273.65	10.0	0.14	273.95
1200								0.052	0.42	0.5	1	0.384	1.683	3.746	273.334	273.752		10.0	0.14	273.95
1300								0.052	0.42	0.5	1	0.392	1.700	3.534	273.324	273.748		10.0	0.13	273.95
1383	CT1.3.7G	381.7	273.1	8.82	23.1084	25	26.32	0.026	0.43	0.5	1	0.400	1.716	0.841	273.315	273.745	273.60	10.0	0.07	273.95
1388	R2							0.026	0.43	0.5	1	0.400	1.717	0.837	273.315	273.745		10.0	0.07	273.95
1389	R2							0.026	0.40	0.5	1	0.360	1.631	1.113	272.600	273.000		10.0	0.07	273.20
1400								0.026	0.40	0.5	1	0.361	1.634	1.103	272.599	273.000		10.0	0.07	273.20
1500								0.026	0.41	0.5	1	0.373	1.659	1.012	272.589	272.999		10.0	0.07	273.20
1600								0.026	0.42	0.5	1	0.385	1.685	0.930	272.579	272.998		10.0	0.07	273.20
1700								0.026	0.43	0.5	1	0.397	1.710	0.855	272.569	272.997		10.0	0.07	273.20
1899	CT1.3.8G	456.9	272.55	8.83	23.1346	25	26.32	0.026	0.45	0.5	1	0.422	1.762	0.725	272.549	272.995	272.95	10.0	0.06	273.20
		2565		65.61	171.89	190	200													

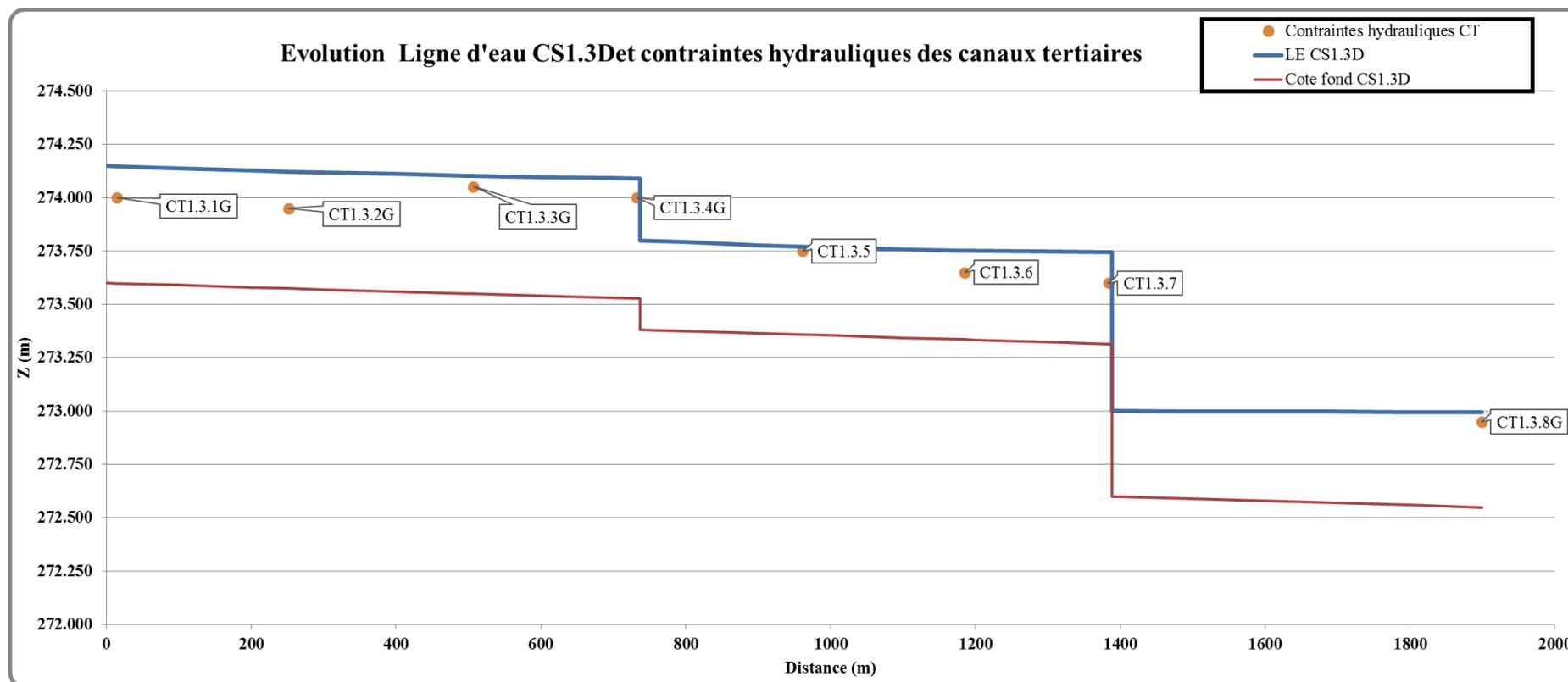


Figure 37 : Evolution ligne d'eau CS1.3D et contraintes hydrauliques des canaux tertiaires

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

Tableau 48 : Calage et dimensionnement du sous canal secondaire S/CS1.4G

P.M	Canal	Longueur	Tn max	Surface irriguée	Débit au tertiaire	Débit Modulé Prélevé	Débit au secondaire	Débit cumulé	y	b	m	A	P mouillé	Pente énergie	Côte fond	PE Qmax	Contraintes Canaux Tertiaires	Pente Fond canal	Vitesse	Côte Cavalier
(m)	-	(m)	(m)	(ha)	(l/s)	(l/s)	(l/s)	(m ³ /s)	(m)	(m)	-	(m ²)	(m)	cm/km	(m)	(m)	(m)	cm/km	(m/s)	(m)
0								0.11052	0.40	0.5	1	0.360	1.631	19.635	273.250	273.650		10.0	0.31	273.85
10.25	CT1.4S.1D	324.2	273.2	10.17	26.645	30.00	31.58	0.0789	0.40	0.5	1	0.359	1.629	10.114	273.249	273.648	273.60	10.0	0.22	273.85
10.25	CT1.4S.1G	309.3	273.2	7.85	20.567	25.00	26.32	0.0526	0.40	0.5	1	0.359	1.629	4.495	273.249	273.648	273.60	10.0	0.15	273.85
100								0.0526	0.40	0.5	1	0.365	1.643	4.285	273.240	273.644		10.0	0.14	273.84
200								0.0526	0.41	0.5	1	0.373	1.659	4.057	273.230	273.640		10.0	0.14	273.84
300								0.0526	0.42	0.5	1	0.381	1.676	3.835	273.220	273.636		10.0	0.14	273.84
336.2	CT1.4S.2D	307.1	273.15	10.17	26.645	30.00	31.58	0.0211	0.42	0.5	1	0.384	1.682	0.601	273.216	273.634	273.55	10.0	0.05	273.83
400								0.0211	0.42	0.5	1	0.392	1.699	0.568	273.210	273.634		10.0	0.05	273.83
500								0.0211	0.43	0.5	1	0.404	1.725	0.521	273.200	273.633		10.0	0.05	273.83
600								0.0211	0.44	0.5	1	0.417	1.752	0.479	273.190	273.633		10.0	0.05	273.83
632.4	CT1.4S.3L	207.8	273.2	6.94	18.1828	20.00	21.05	0.0211	0.45	0.5	1	0.422	1.761	0.466	273.187	273.633	273.60	10.0	0.05	273.83
		940.7		35.13	92.04	105	110.52													

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

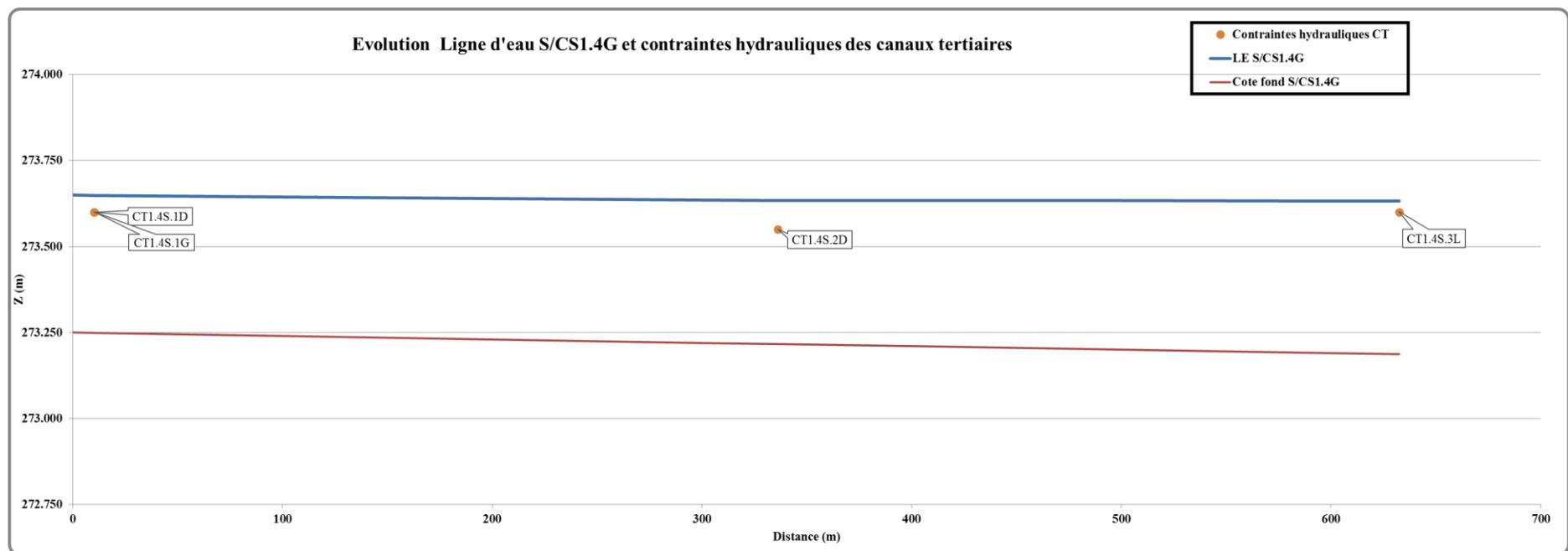


Figure 38 : Evolution ligne d'eau S/CS1.4G et contraintes hydrauliques des CT

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

Tableau 49 : Calage et dimensionnement du canal secondaire CS1.4D

P.M	Canal			Surfac e	Débit	Débit	Débit	Débit	y	b	m	A	P mouill é	Pente énergi e	Côte fond	PE Qmax	Contra intes Canau x Tertiai res	Pente	Vitess e	
(m)	Tertiai re	Longu eur	TN max	irrigué e	au tertiair e	Modul é Prélev é	au second aire	cumul é	(m)	(m)	-	(m ²)	(m)	cm/km	(m)	(m)	(m)	Fond canal	(m/s)	Côte Cavali er
	-	(m)	(m)	(ha)	(l/s)	(l/s)	(l/s)	(m ³ /s)	(m)	(m)	-	(m ²)	(m)	cm/km	(m)	(m)	(m)	cm/km	(m/s)	(m)
0								0.2473	0.60	0.6	1	0.720	2.297	15.399	273.37	273.97		10.0	0.34	274.17
100								0.2474	0.59	0.6	1	0.710	2.282	15.968	273.36	273.95		10.0	0.35	274.15
150.14	CT1.4. 1G	355.68	273.25	7	18.34	20.00	21.05	0.2263	0.59	0.6	1	0.705	2.273	13.639	273.35	273.94	273.75	10.0	0.32	274.15
200								0.2263	0.59	0.6	1	0.702	2.268	13.808	273.35	273.94		10.0	0.32	274.14
300								0.2263	0.59	0.6	1	0.695	2.257	14.171	273.34	273.92		10.0	0.33	274.13
350.18	CT1.4. 2G	424.62	273.15	8.44	22.112	25.00	26.32	0.2000	0.58	0.6	1	0.691	2.251	11.226	273.33	273.91	273.65	10.0	0.29	274.12
400								0.2000	0.58	0.6	1	0.690	2.250	11.273	273.33	273.91		10.0	0.29	274.11
600								0.2000	0.58	0.6	1	0.686	2.242	11.480	273.31	273.89		10.0	0.29	274.09
858.51	S/CS1. 4G	632.46	273.2	35.13	110.52	120.00	126.32	0.0737	0.58	0.6	1	0.678	2.231	1.603	273.28	273.86	273.85	10.0	0.11	274.06
900								0.0737	0.58	0.6	1	0.684	2.241	1.565	273.28	273.86		10.0	0.11	274.06
1131.1	CT1.4. 3G	272.17	273.15	7.02	18.392	20.00	21.05	0.0526	0.60	0.6	1	0.719	2.296	0.699	273.25	273.85	273.65	10.0	0.07	274.06
1136.1	R1							0.0526	0.60	0.6	1	0.720	2.297	0.696	273.25	273.85		10.0	0.07	274.06
1136.2	R1							0.0526	0.45	0.5	1	0.427	1.773	2.805	272.87	273.32		10.0	0.12	273.52
1200								0.0526	0.45	0.5	1	0.434	1.786	2.695	272.86	273.31		10.0	0.12	273.52
1361.2	CT1.4. 4G	363.39	272.9	7.07	18.523	20.00	21.05	0.0316	0.47	0.5	1	0.451	1.819	0.876	272.84	273.31	273.30	10.0	0.07	273.51
1400								0.0316	0.47	0.5	1	0.456	1.829	0.850	272.84	273.31		10.0	0.07	273.51
1549.3	CT1.4. 5G	439.49	272.7	9.75	25.545	30.00	31.58	0.0316	0.48	0.5	1	0.476	1.868	0.758	272.82	273.31	273.10	10.0	0.07	273.51
1557.7								0.0316	0.48	0.5	1	0.477	1.870	0.753	272.82	273.31		10.0	0.07	273.51
		2487.8		74.41	213.43	235	247.36													

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

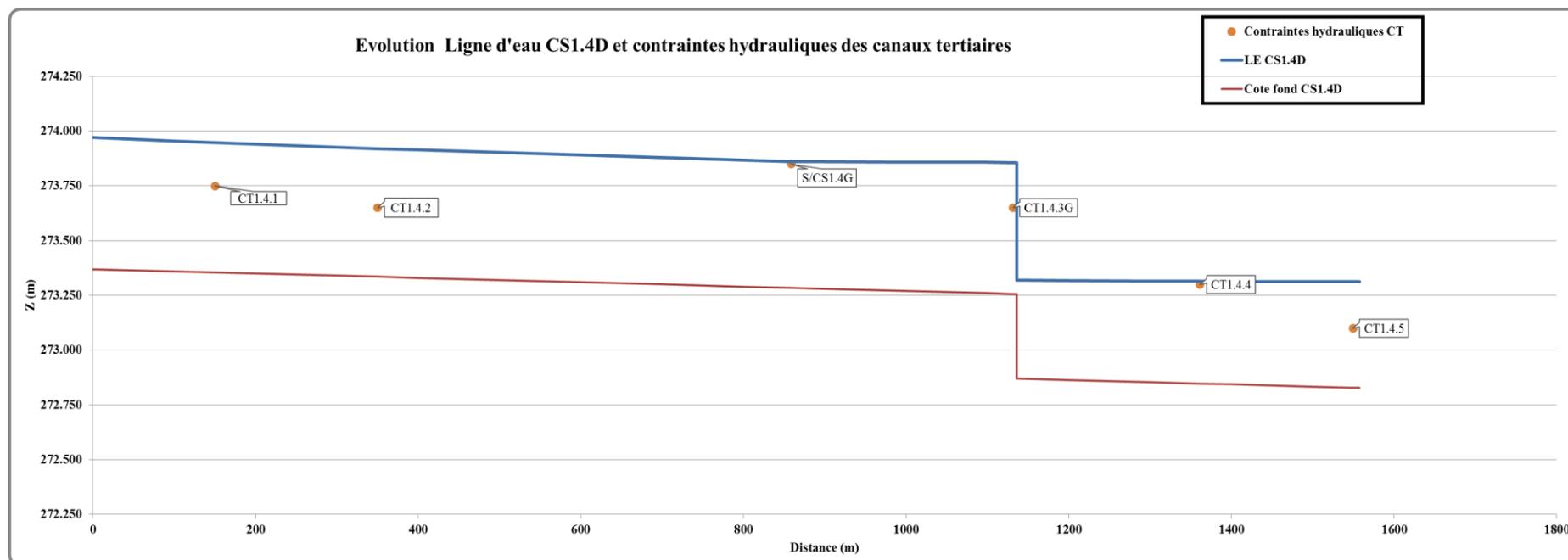


Figure 39 : Evolution ligne d'eau CS1.4D et contraintes hydrauliques des CT

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

Tableau 50 : Calage et dimensionnement du canal primaire CP1

P.M	Canal	Longueur	TN max	Surface irriguée	Débit au tertiaire et secondaire	Débit modulé prélevé	Débit au primaire	Débit cumulé	y	b	m	A	P mouillé	Pente énergie	Côte fond	PE Qmax	Contraintes Canaux Tertiaires et secondaires	Pente Fond canal	Vitesse	Côte Cavalier
(m)	-	(m)	(m)	(ha)	(l/s)	(l/s)	(l/s)	(m³/s)	(m)	(m)		(m²)	(m)	cm/km	(m)	(m)	(m)	cm/km	(m/s)	(m)
0								1.021	1.10	1.5	1	2.860	4.611	6.694	273.65	274.75		10.0	0.36	275.05
100								1.021	1.10	1.5	1	2.872	4.621	6.617	273.64	274.74		10.0	0.36	275.05
110.5	CS1.1D	1733.93	273.95	73.48	221.05	230.0	242.11	0.778	1.10	1.5	1	2.874	4.622	3.846	273.63	274.74	274.70	10.0	0.27	275.05
200								0.778	1.11	1.5	1	2.894	4.637	3.773	273.63	274.73		10.0	0.27	275.05
300								0.778	1.12	1.5	1	2.917	4.655	3.693	273.62	274.73		10.0	0.27	275.05
400								0.778	1.12	1.5	1	2.941	4.673	3.613	273.61	274.73		10.0	0.26	275.05
463.31	Ind CT1.1G	491.18	273.85	6.90	18.07	20.00	21.05	0.76	1.13	1.5	1	2.96	4.684	3.37	273.60	274.73	274.35	10.0	0.26	275.05
500								0.757	1.13	1.5	1	2.965	4.691	3.346	273.60	274.72		10.0	0.26	275.05
546.49	CS1.2D	1724.05	273.85	70.51	226.31	230	242.11	0.515	1.13	1.5	1	2.977	4.700	1.533	273.59	274.72	274.65	10.0	0.17	275.05
551.49	R1							0.515	1.13	1.5	1	2.978	4.701	1.531	273.59	274.72		10.0	0.17	275.05
551.59	R1							0.515	0.90	1	1	1.710	3.546	6.682	273.50	274.40		10.0	0.30	274.70
600								0.515	0.90	1	1	1.715	3.550	6.635	273.49	274.39		10.0	0.30	274.70
700								0.515	0.90	1	1	1.724	3.560	6.538	273.48	274.39		10.0	0.30	274.70
847.04	Ind CT1.2G	533.86	273.70	7.36	19.2832	20.00	21.05	0.49	0.91	1	1	1.74	3.574	5.88	273.47	274.38	274.2	10.0	0.28	274.70
900								0.494	0.91	1	1	1.745	3.580	5.826	273.46	274.37		10.0	0.28	274.70
983.57	CS1.3D	1899.25	273.55	65.61	200	200.0	210.53	0.284	0.92	1	1	1.754	3.590	1.894	273.45	274.37	274.35	10.0	0.16	274.70
988.57	R2							0.284	0.92	1	1	1.756	3.591	1.891	273.45	274.37		10.0	0.16	274.70
988.67	R2							0.284	0.77	0.8	1	1.209	2.978	5.108	273.45	274.22		10.0	0.24	274.52
1000								0.284	0.77	0.8	1	1.210	2.979	5.093	273.44	274.21		10.0	0.23	274.52
1100								0.284	0.78	0.8	1	1.222	2.993	4.965	273.43	274.21		10.0	0.23	274.52
1200								0.284	0.78	0.8	1	1.234	3.008	4.839	273.42	274.20		10.0	0.23	274.52
1300								0.284	0.79	0.8	1	1.246	3.022	4.713	273.41	274.20		10.0	0.23	274.52
1367.6	CS1.4D	1557.78	273.25	74.41	247.36	240.0	252.63	0.031	0.79	0.8	1	1.254	3.032	0.057	273.41	274.20	274.17	10.0	0.03	274.52
1378.5	Ind CT1.3L	291.06	273.40	9.90	25.938	30.00	31.58	0.03	0.79	0.8	1	1.26	3.035	0.06	273.41	274.20	273.75	10.0	0.03	274.52
1378.5								0.031	0.79	0.8	1	1.257	3.035	0.057	273.41	274.20		10.0	0.03	274.52
		8231.11		308.1	958.036	970	1021.052													

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

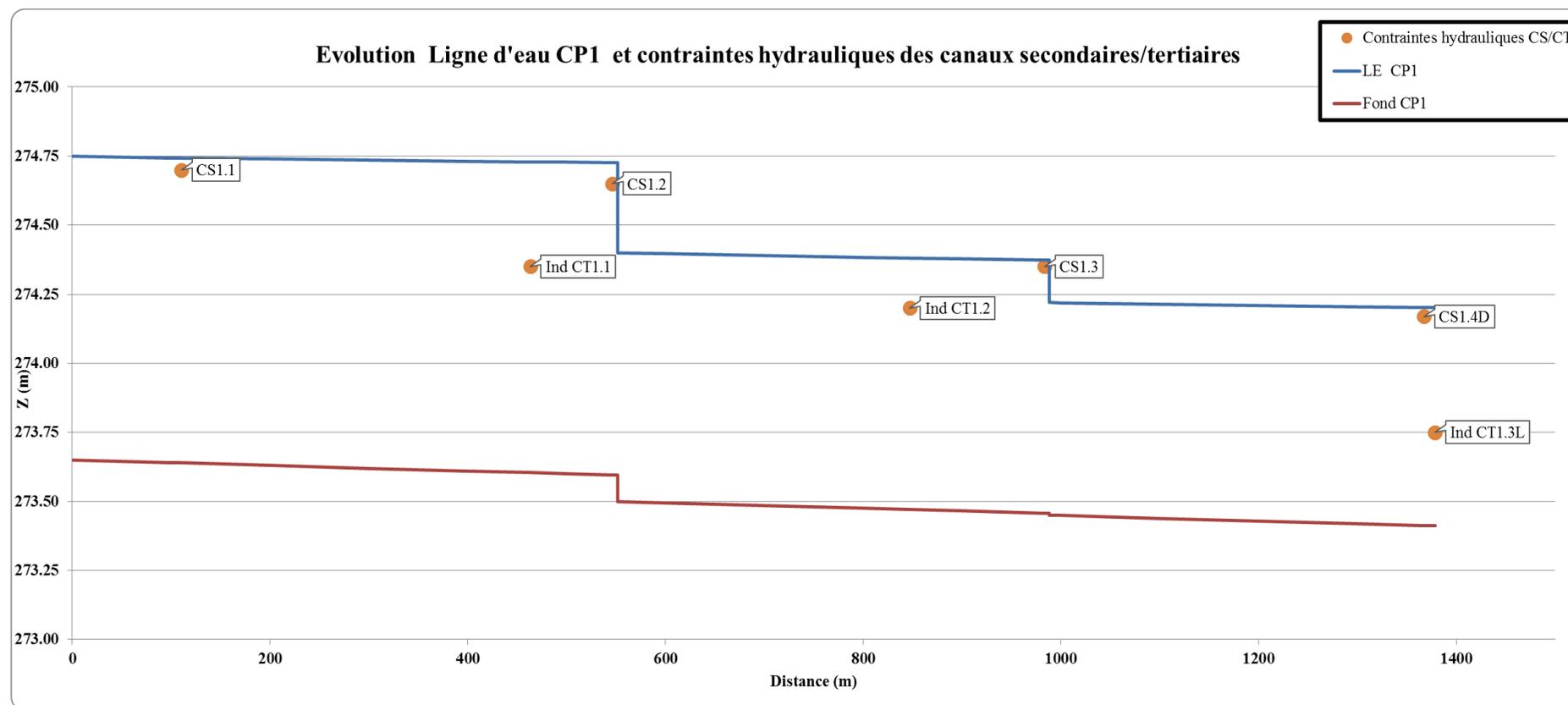


Figure 40 : Evolution ligne d'eau CP1 et contraintes hydrauliques des CS et CT

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

Tableau 51 : Calage et dimensionnement du canal adducteur CA

P.M	Canal	Longueur	TN max	Surface irriguée	Débit	Débit	Débit	Débit	y	b	m	A	P mouillé	Pente énergie	Côte fond	PE Qmax	Contraintes Canaux Tertiaires et secondaires	Pente	Vitesse	Côte Cavalier
(m)	Primaire Secondaire Tertiaire	(m)	(m)	(ha)	Prélevé (l/s)	Prélevé (l/s)	Modulé au primaire (l/s)	cumulé (m³/s)	(m)	(m)		(m²)	(m)	cm/km	(m)	(m)	(m)	cm/km	(m/s)	(m)
0								1.7695	1.80	3	1.5	10.260	9.490	0.745	273.25	275.05		10.0	0.17	275.35
23.85	Ind CT1G	260.65	273.89	9.85	25.81	30	31.58	1.7380	1.80	3	1.5	10.279	9.498	0.715	273.24	275.05	274.39	10.0	0.17	275.35
100								1.7380	1.81	3	1.5	10.338	9.523	0.704	273.24	275.04		10.0	0.17	275.35
283.31	Ind CT2G	413.21	273.53	9.96	26.10	30	31.58	1.7064	1.83	3	1.5	10.482	9.585	0.653	273.22	275.04	274.03	10.0	0.16	275.35
400								1.7064	1.84	3	1.5	10.575	9.624	0.638	273.21	275.04		10.0	0.16	275.35
491.5	Ind CT3G	627.02	273.47	10.00	26.2	30	31.58	1.6748	1.85	3	1.5	10.648	9.655	0.603	273.20	275.04	273.97	10.0	0.16	275.35
600								1.6748	1.86	3	1.5	10.735	9.692	0.590	273.19	275.04		10.0	0.16	275.35
647.27	CS1G	481.50	273.45	29.50	94.74	100	105.26	1.5695	1.86	3	1.5	10.773	9.708	0.513	273.18	275.04	274.20	10.0	0.15	275.35
900								1.5695	1.88	3	1.5	10.980	9.794	0.487	273.16	275.04		10.0	0.14	275.35
1499.2	Ind CT4G	430.96	273.60	8.85	23.187	25	26.32	1.5432	1.94	3	1.5	11.479	10.000	0.418	273.10	275.04	274.10	10.0	0.13	275.35
1700								1.5432	1.96	3	1.5	11.649	10.070	0.401	273.08	275.04		10.0	0.13	275.35
2024.4	Ind CT5G	522.68	273.99	9.10	23.84	25	26.32	1.5169	1.99	3	1.5	11.927	10.182	0.364	273.04	275.03	274.49	10.0	0.13	275.35
2097.7	CP1	1378.5	273.95	308.17	1021.0	1021.0	1074.7	0.4421	2.00	3	1.5	11.991	10.207	0.030	273.04	275.03	274.95	10.0	0.04	275.35
2110	R1							0.4421	2.00	3	1.5	12.002	10.212	0.030	273.03	275.03		10.0	0.04	275.35
2110.1	R1							0.4421	1.75	2	1.5	8.094	8.310	0.086	272.80	274.55		5.0	0.05	274.85
2300								0.4421	1.76	2	1.5	8.162	8.343	0.084	272.79	274.55		5.0	0.05	274.85
2314.3	Ind CT6G	223.93	273.75	8.83	23.13	25	26.32	0.4158	1.76	2	1.5	8.167	8.346	0.074	272.79	274.55	274.15	5.0	0.05	274.85
2400								0.4158	1.76	2	1.5	8.197	8.361	0.073	272.78	274.55		5.0	0.05	274.85
2522.8	CS2G	1593.0	273.45	47.54	147.37	150	157.89	0.2579	1.77	2	1.5	8.242	8.383	0.028	272.77	274.55	274.25	5.0	0.03	274.85
2800								0.2579	1.78	2	1.5	8.343	8.433	0.027	272.76	274.55		5.0	0.03	274.85
3281.0	CS3G	886.81	273.65	49.77	152.63	160	168.42	0.0895	1.81	2	1.5	8.519	8.519	0.003	272.74	274.54	274.45	5.0	0.0105	274.85
3300								0.0895	1.81	2	1.5	8.526	8.522	0.003	272.74	274.54		5.0	0.0105	274.85
3349.6	Ind CT7G	541.40	274.07	8.42	22.06	25	26.32	0.0632	1.81	2	1.5	8.545	8.531	0.002	272.73	274.54	274.47	5.0	0.0074	274.85
3600								0.0632	1.82	2	1.5	8.638	8.576	0.001	272.72	274.54		5.0	0.0073	274.85
3899.8	Ind CT8G	333.32	273.81	9.94	26.04	30	31.58	0.0316	1.84	2	1.5	8.750	8.630	0.000	272.71	274.54	274.21	5.0	0.0036	274.85
4000								0.0316	1.84	2	1.5	8.788	8.648	0.000	272.70	274.54		5.0	0.0036	274.85
4177.8	Ind CT9G	495.87	273.05	9.74	25.52	30	31.58	0.0316	1.85	2	1.5	8.855	8.681	0.000	272.69	274.54	273.45	5.0	0.0036	274.85
4430.6								0.0316	1.87	2	1.5	8.951	8.726	0.000	272.68	274.54		5.0	0.0035	274.85
		8188.9		519.67	1637.6	1681.0	1769.5													

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

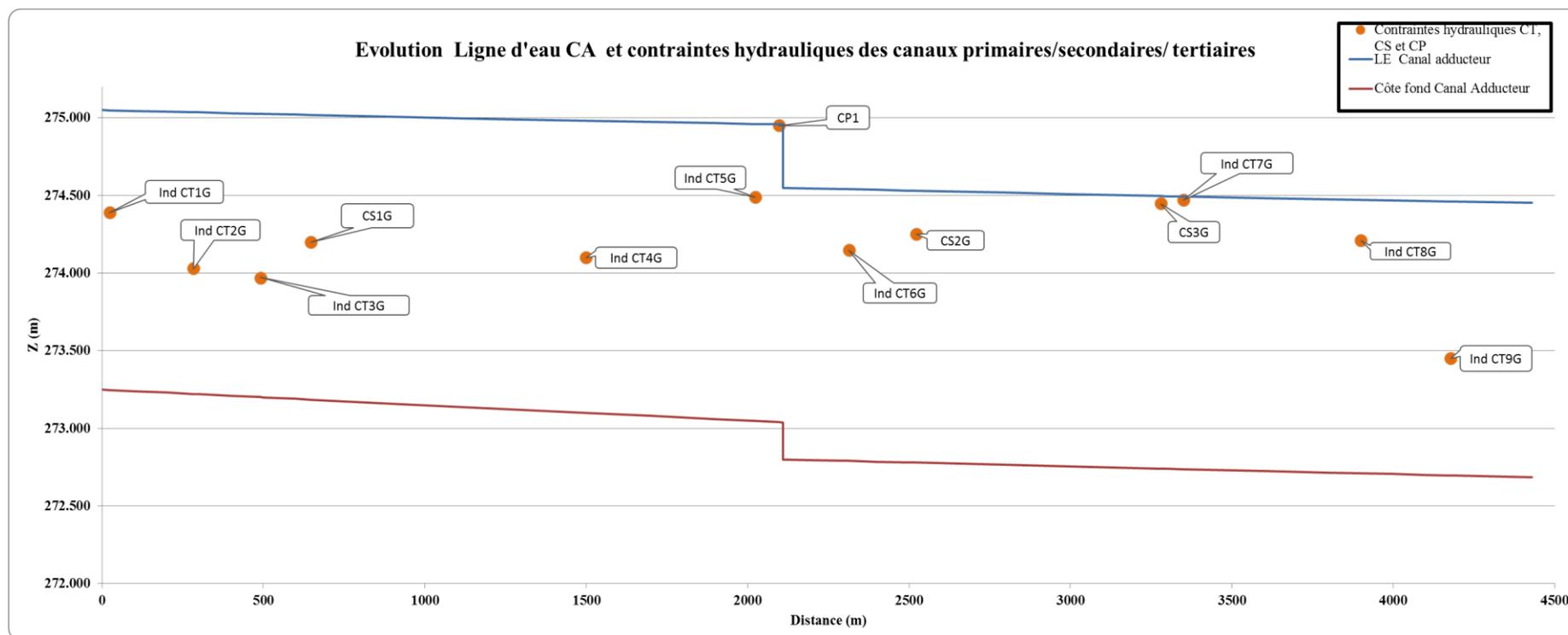


Figure 41 : Evolution ligne d'eau CA et contraintes hydrauliques des CT/CS/CP

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

Tableau 52 : Calage et dimensionnement de la tête morte TM

P.M (m)	Canal Primaire Secondaire Tertiaire	Longueur (m)	Surface irriguée (ha)	Débit Prélevé (m ³ /s)	Débit cumulé (m ³ /s)	y (m)	b (m)	m -	A (m ²)	P mouillé (m)	Pente énergie (cm/km)	Côte fond (m)	PE Qmax (m)	Contraintes Canal Adducteur (m)	Pente Fond canal (cm/km)	Vitesse (m/s)	Côte Cavalier (m)
0					1.7695	1.80	3	1.5	10.299	9.507	0.737	273.80	275.60		10.0	0.17	275.90
100					1.7695	1.80	3	1.5	10.299	9.507	0.737	273.79	275.59		10.0	0.17	275.89
200					1.7695	1.80	3	1.5	10.299	9.507	0.737	273.78	275.58		10.0	0.17	275.88
300					1.7695	1.80	3	1.5	10.299	9.507	0.737	273.77	275.57		10.0	0.17	275.87
400					1.7695	1.80	3	1.5	10.299	9.507	0.737	273.76	275.56		10.0	0.17	275.86
500					1.7695	1.80	3	1.5	10.299	9.507	0.737	273.75	275.55		10.0	0.17	275.85
600					1.7695	1.80	3	1.5	10.299	9.507	0.737	273.74	275.54		10.0	0.17	275.84
700					1.7695	1.80	3	1.5	10.299	9.507	0.737	273.73	275.53		10.0	0.17	275.83
800					1.7695	1.80	3	1.5	10.299	9.507	0.737	273.72	275.52		10.0	0.17	275.82
900					1.7695	1.80	3	1.5	10.299	9.507	0.737	273.71	275.51		10.0	0.17	275.81
1000					1.7695	1.80	3	1.5	10.299	9.507	0.737	273.70	275.50		10.0	0.17	275.80
1100					1.7695	1.80	3	1.5	10.299	9.507	0.737	273.69	275.49		10.0	0.17	275.79
1200					1.7695	1.80	3	1.5	10.299	9.507	0.737	273.68	275.48		10.0	0.17	275.78
1300					1.7695	1.80	3	1.5	10.299	9.507	0.737	273.67	275.47		10.0	0.17	275.77
1400					1.7695	1.80	3	1.5	10.299	9.507	0.737	273.66	275.46		10.0	0.17	275.76
1500					1.7695	1.80	3	1.5	10.299	9.507	0.737	273.65	275.45		10.0	0.17	275.75
1546.40	CA	4430.69	519.67	1769.52909	1.7695	1.80	3	1.5	10.299	9.507	0.737	273.65	275.45	275.40	10.0	0.17	275.75
		4430.69	519.67	1769.52909													

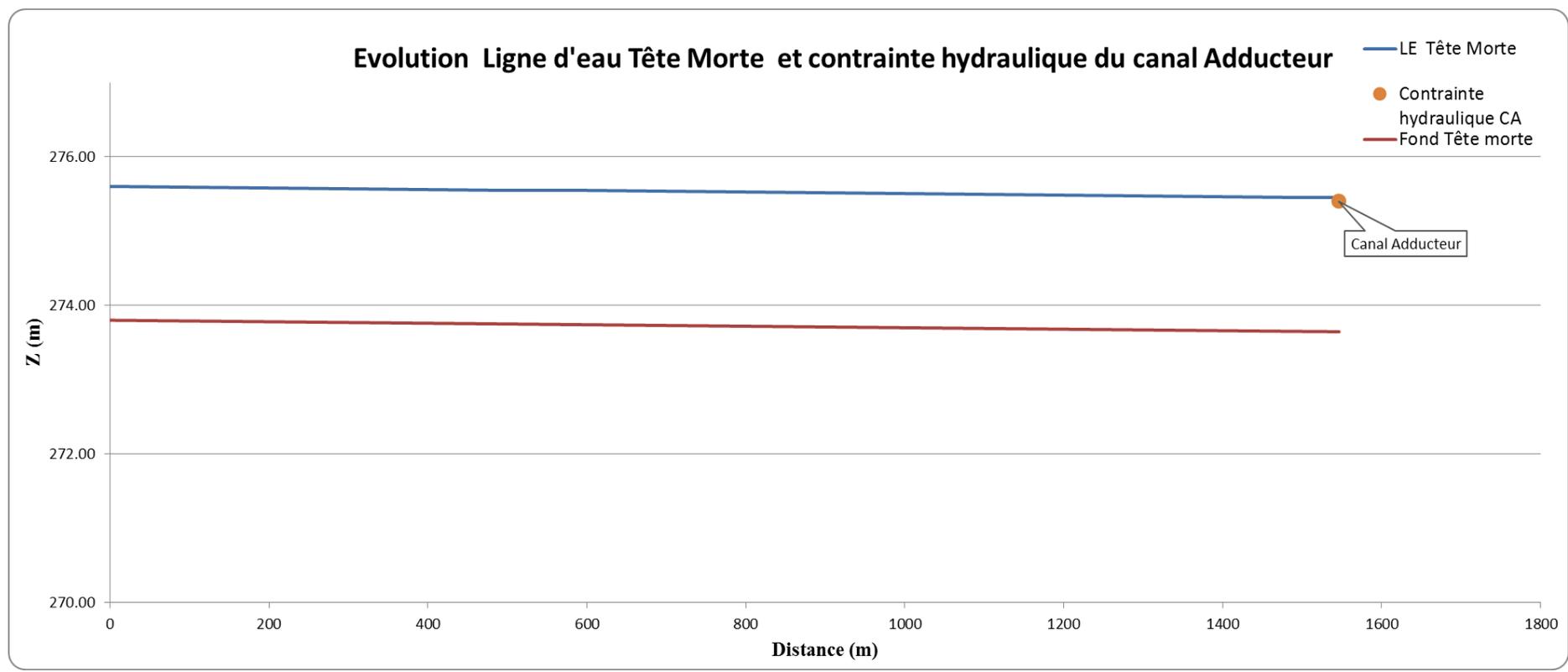


Figure 42 : Evolution ligne d'eau TM et contrainte hydraulique du canal adducteur

B. Simulation du canal adducteur

Le canal adducteur a été dimensionné en prenant en compte l'extension de Tiekelesso. Pour ce faire, une simulation a été faite sur les deux biefs du canal pour s'assurer de l'irrigation de l'extension du casier à partir du canal adducteur en maintenant les caractéristiques actuelles.

Avec le logiciel HEC-RAS 5.0.1, les résultats suivants ont été obtenus :

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

Tableau 53 : Caractéristiques du canal adducteur simulé (bief 1)

BIEF 1 : de 0 à 2110 m												
Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m ²)	(m)	
CA	4430.69	PF 1	4.67	273.25	275.04		275.05	0.000052	0.46	10.21	8.38	0.13
CA	4406.84	PF 1	4.64	273.25	275.04		275.05	0.000052	0.45	10.2	8.38	0.13
CA	4147.38	PF 1	4.61	273.22	275.03		275.04	0.000049	0.45	10.34	8.42	0.13
CA	3939.19	PF 1	4.57	273.2	275.02		275.03	0.000047	0.44	10.42	8.45	0.13
CA	3783.42	PF 1	4.47	273.19	275.01		275.02	0.000045	0.43	10.47	8.49	0.12
CA	2931.41	PF 1	4.44	273.1	274.98		274.99	0.000039	0.41	10.92	8.63	0.12
CA	2406.24	PF 1	4.42	273.05	274.96		274.97	0.000036	0.39	11.19	8.73	0.11
CA	2332.9	PF 1	3.34	273.04	274.96		274.96	0.00002	0.3	11.27	8.75	0.08
CA	2320.69	PF 1	3.34	273.04	274.96	273.5	274.96	0.00002	0.3	11.29	8.77	0.08

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

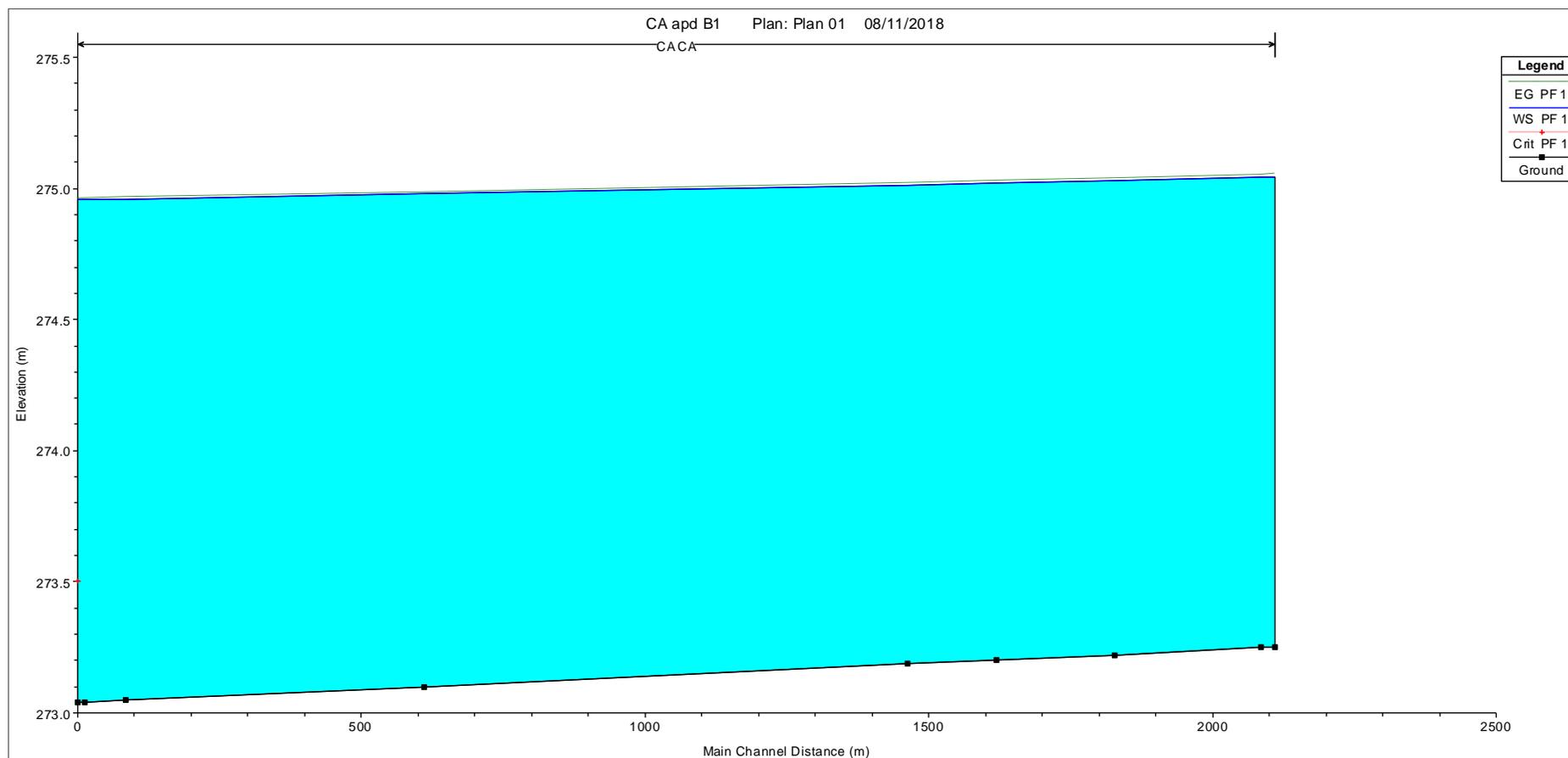


Figure 43 : Evolution de la ligne d'eau du canal adducteur simulé (bief 1)

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

Tableau 54 : Caractéristiques du canal adducteur simulé (bief 2)

BIEF 2 : de 2110.10 m à 4430.69 m												
Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
CA	2320.59	PF 1	3.34	272.8	274.55		274.55	0.000049	0.41	8.07	7.24	0.13
CA	2116.34	PF 1	3.32	272.79	274.54		274.54	0.000048	0.41	8.06	7.24	0.12
CA	1907.86	PF 1	3.16	272.78	274.53		274.53	0.000044	0.39	8.07	7.25	0.12
CA	1149.64	PF 1	2.99	272.74	274.5		274.5	0.000038	0.37	8.13	7.26	0.11
CA	1081.06	PF 1	2.96	272.74	274.49		274.5	0.000038	0.36	8.13	7.27	0.11
CA	530.84	PF 1	2.93	272.71	274.47		274.48	0.000036	0.36	8.19	7.29	0.11
CA	252.88	PF 1	2.93	272.7	274.46		274.47	0.000036	0.36	8.2	7.3	0.11
CA	0	PF 1	2.93	272.68	274.45	273.2	274.46	0.000035	0.35	8.26	7.31	0.11

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

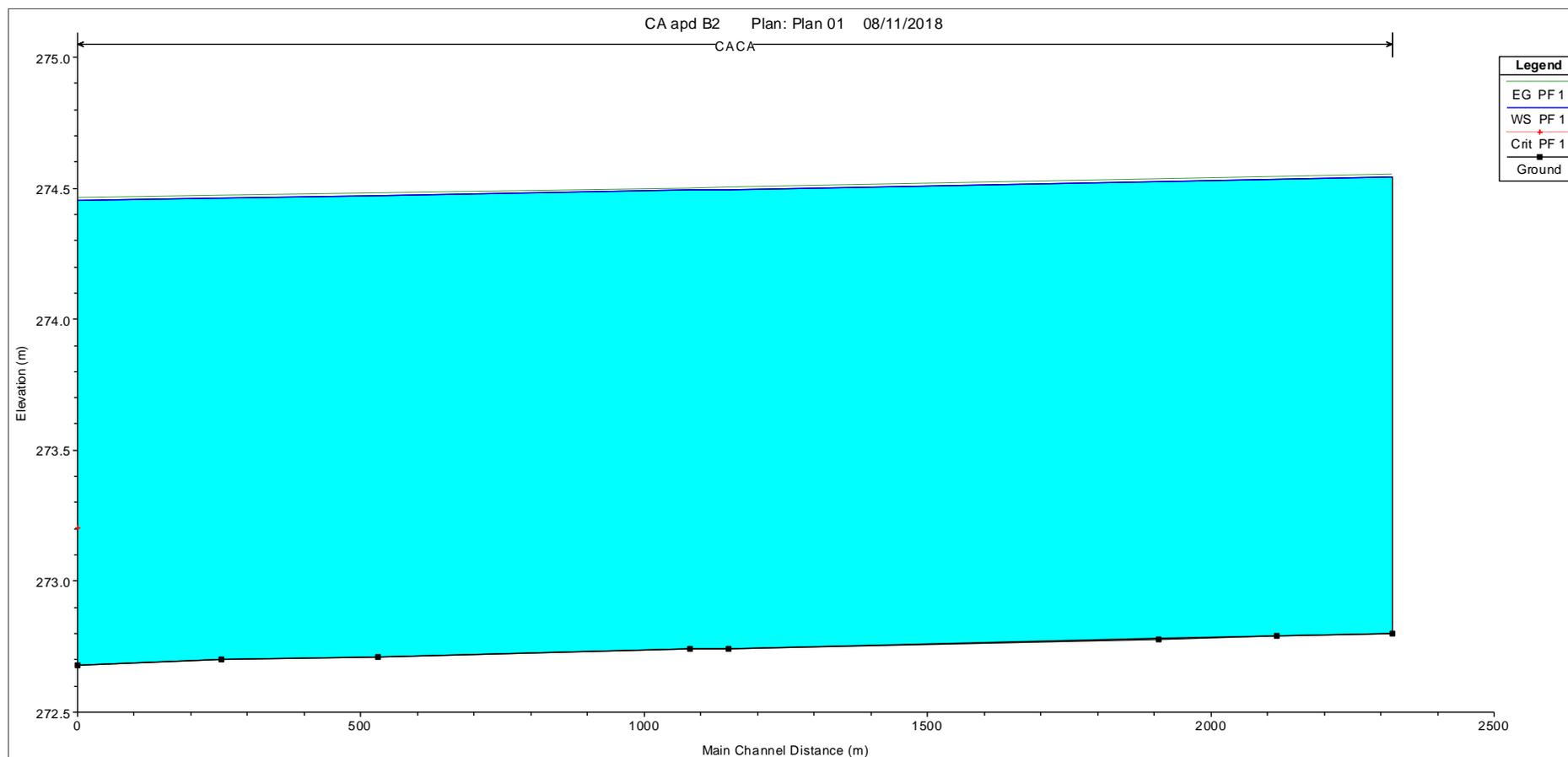


Figure 44 : Evolution de la ligne d'eau du canal adducteur simulé (bief 2)

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

Conclusion :

Sur la base de ces résultats, nous retenons un débit d'extension au bouchon d'environ **2.93 m³/s** avec des vitesses d'écoulement acceptables (variant entre 0.3 m/s à 0.5 m/s). Avec ce débit disponible, et en considérant un débit d'équipement de 2.90 l/s/ha, le canal adducteur pourra irriguer une superficie supplémentaire d'environ 1010 ha.

$$\text{Superficie supplémentaire (ha)} = \left(\frac{\text{débit disponible en l/s}}{\text{débit d'équipement en l/s/ha}} \right)$$

Soient $2.93 \times 1000 / 2.90 = 1010.34$ ha nets de terres agricoles.

C. Réseau de drainage

Tableau 55 : Caractéristiques des drains tertiaires

Caractéristiques des drains tertiaires								
Nombre	m	Q max (m ³ /s)	Ks	pente	y (m)	b (m)	V (m/s)	Revanche (m)
62	1.50	0.05	25.00	0.0001	0.30	0.40	0.07	0.20

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

Tableau 56: Calage et dimensionnement du drain secondaire DS1L

		Ks =	25
		Q équip (L/s/ha)	2.6
DS1L	734.22 m	Pente Fond (cm/km)	20

P.M	Drains	Surface Drainée Cumulée (ha)	Débit cumulé (m3/s)	h (m)	b (m)	m	S (m2)	P mouillé (m)	Pente énergie (cm/km)	Côte fond (m)	PE Qmax (m)	Vitesse (m/s)
0.00	-		0.012805	0.40	2.00	1.5	1.040	3.442	0.12	272.40	272.80	
0.00	DT1.1L	4.93	0.012805	0.40	2.00	1.5	1.040	3.442	0.12	272.40	272.80	0.012
100.00		4.93	0.012805	0.42	2.00	1.5	1.104	3.514	0.10	272.38	272.80	0.012
121.32	DT1.2D	9.85	0.02561	0.42	2.00	1.5	1.118	3.529	0.39	272.38	272.80	0.023
200.00		9.85	0.02561	0.44	2.00	1.5	1.169	3.585	0.34	272.36	272.80	0.022
300.00		9.85	0.02561	0.46	2.00	1.5	1.235	3.656	0.29	272.34	272.80	0.021
404.30	DT1.3D	19.81	0.051506	0.48	2.00	1.5	1.305	3.730	1.01	272.32	272.80	0.039
500.00		19.81	0.051506	0.50	2.00	1.5	1.368	3.795	0.88	272.30	272.80	0.038
600.00		19.81	0.051506	0.52	2.00	1.5	1.435	3.864	0.77	272.28	272.80	0.036
621.61	DT1.4D	29.81	0.077506	0.52	2.00	1.5	1.450	3.879	1.70	272.28	272.80	0.053
700.00		29.81	0.077506	0.54	2.00	1.5	1.501	3.931	1.54	272.26	272.80	0.052
725.86	DT1.5D	39.68	0.103168	0.54	2.00	1.5	1.519	3.948	2.64	272.25	272.80	0.068
		39.68	0.103168	0.54	2.00	1.5	1.524	3.953	2.61	272.25	272.79	0.068

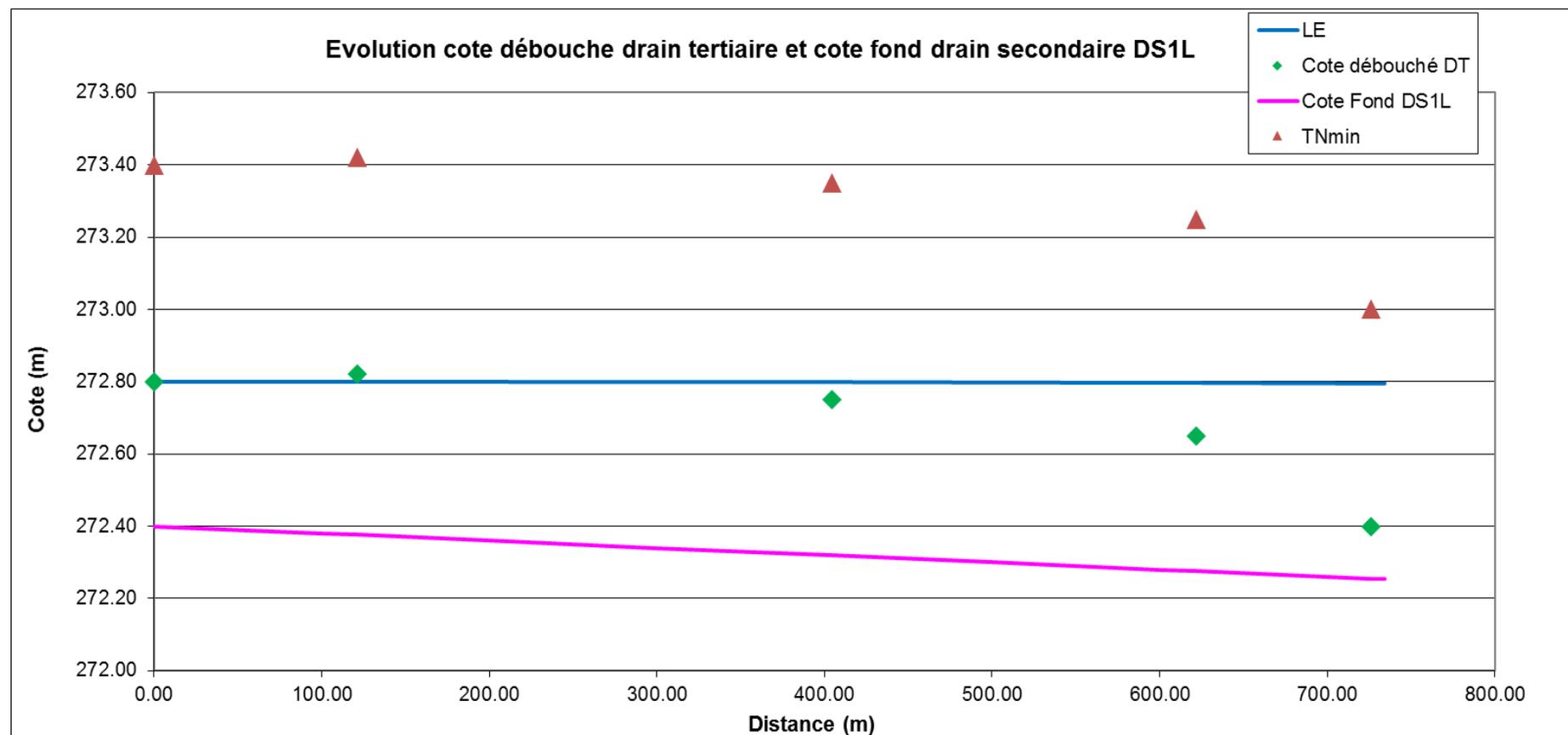


Figure 45 : Evolution cote fond débouché drains tertiaires et cote fond du DS1L

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

Tableau 57 : Calage et dimensionnement du drain secondaire DS2D

		Ks =	25
		Q équip (L/s/ha)	2.6
DS2	665.03 m	Pente Fond (cm/km)	20

P.M	Drains	Surface Drainée Cumulée (ha)	Débit cumulé (m3/s)	h (m)	b (m)	m	S (m2)	P mouillé (m)	Pente énergie (cm/km)	Côte fond (m)	PE Qmax (m)	Vitesse (m/s)
0.00	-		0.04667	0.40	2.00	1.5	1.040	3.442	1.59	272.10	272.50	
0.00	DT2.1D	17.95	0.04667	0.40	2.00	1.5	1.040	3.442	1.59	272.10	272.50	0.045
0.00	DT2.1G	27.95	0.07267	0.40	2.00	1.5	1.040	3.442	3.85	272.10	272.50	0.070
42.19	DT2.2D	34.85	0.09061	0.41	2.00	1.5	1.062	3.467	5.64	272.09	272.50	0.085
86.00	DT2.2G	44.45	0.11557	0.41	2.00	1.5	1.082	3.489	8.69	272.08	272.50	0.107
100.00		44.45	0.11557	0.41	2.00	1.5	1.087	3.495	8.58	272.08	272.49	0.106
200.00		44.45	0.11557	0.43	2.00	1.5	1.125	3.536	7.78	272.06	272.49	0.103
300.00		44.45	0.11557	0.44	2.00	1.5	1.165	3.580	7.04	272.04	272.48	0.099
336.49	DT2.3D	51.81	0.134706	0.44	2.00	1.5	1.181	3.597	9.20	272.03	272.48	0.114
400.00		51.81	0.134706	0.45	2.00	1.5	1.203	3.622	8.71	272.02	272.47	0.112
500.00		51.81	0.134706	0.46	2.00	1.5	1.241	3.663	7.97	272.00	272.46	0.109
600.00		51.81	0.134706	0.47	2.00	1.5	1.282	3.706	7.27	271.98	272.45	0.105
650.77	DT2.4D	56.76	0.147576	0.48	2.00	1.5	1.305	3.730	8.31	271.97	272.45	0.113
665.03		56.76	0.147576	0.48	2.00	1.5	1.310	3.736	8.21	271.97	272.45	0.113

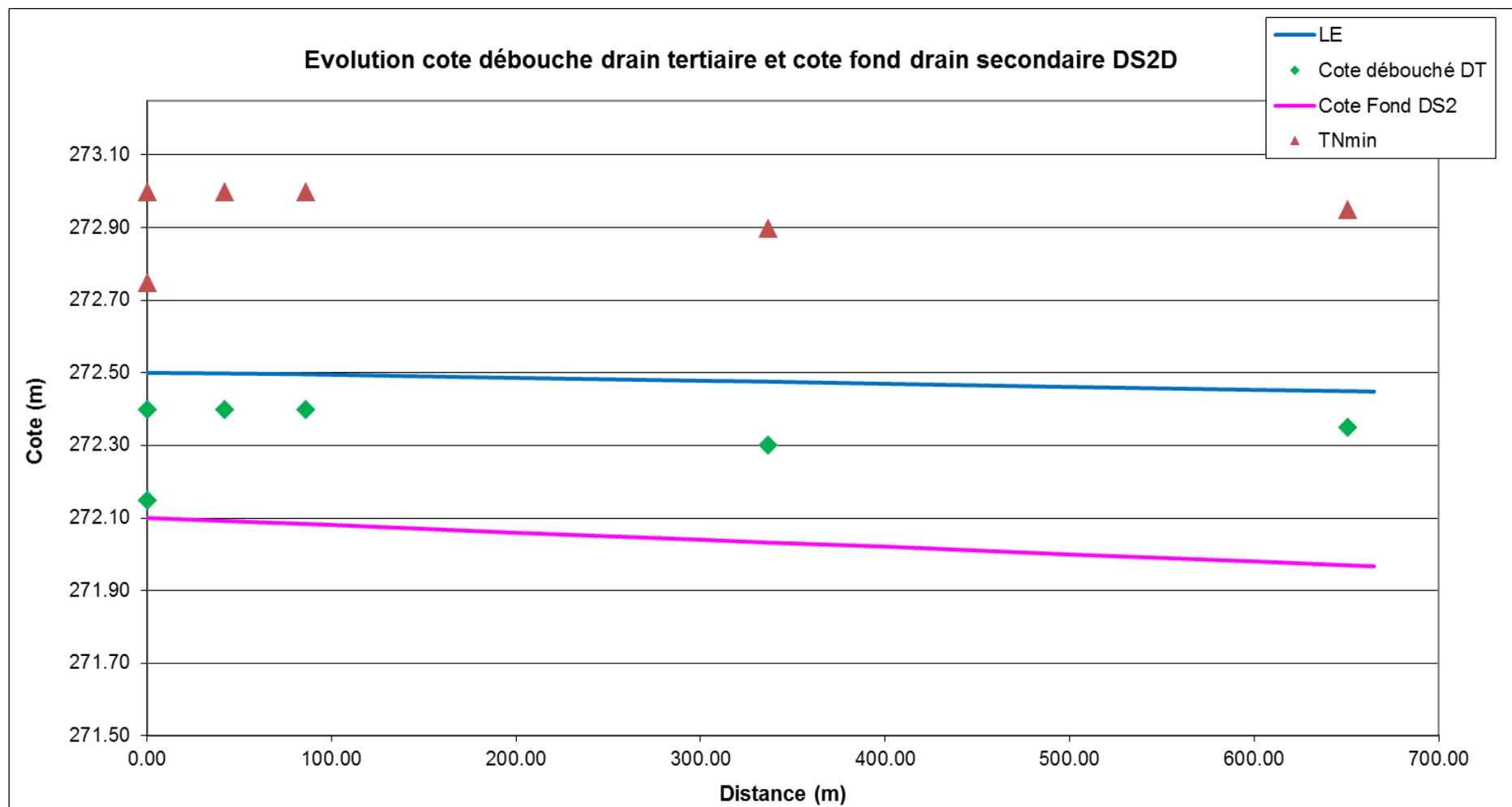


Figure 46: Evolution côte fond débouché drains tertiaires et côte fond du DS2D

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

Tableau 58: Calage et dimensionnement du drain secondaire DS1.1G

		Ks	25
		Q équip (L/s/ha)	2.6
DS1.1G	470.83 m	Pente Fond (cm/km)	20

P.M	Drains	Surface Drainée Cumulée (ha)	Débit cumulé (m3/s)	h (m)	b (m)	m	S (m2)	P mouillé (m)	Pente énergie (cm/km)	Côte fond (m)	PE Qmax (m)	Vitesse (m/s)
0.00			0.021892	0.40	2.00	1.5	1.040	3.442	0.35	272.00	272.40	
0.00	DT1.1.1L	8.42	0.021892	0.40	2.00	1.5	1.040	3.442	0.35	272.00	272.40	0.021
100.00		8.42	0.021892	0.42	2.00	1.5	1.103	3.513	0.29	271.98	272.40	0.020
200.00		8.42	0.021892	0.44	2.00	1.5	1.168	3.584	0.25	271.96	272.40	0.019
263.39	DT1.1.2D	18.36	0.047736	0.45	2.00	1.5	1.210	3.629	1.08	271.95	272.40	0.039
300.00		18.36	0.047736	0.46	2.00	1.5	1.233	3.654	1.02	271.94	272.40	0.039
400.00		18.36	0.047736	0.48	2.00	1.5	1.298	3.723	0.88	271.92	272.40	0.037
457.37	DT1.1.3D	28.10	0.07306	0.49	2.00	1.5	1.336	3.762	1.90	271.91	272.40	0.055
		28.10	0.07306	0.49	2.00	1.5	1.344	3.771	1.87	271.91	272.40	0.054

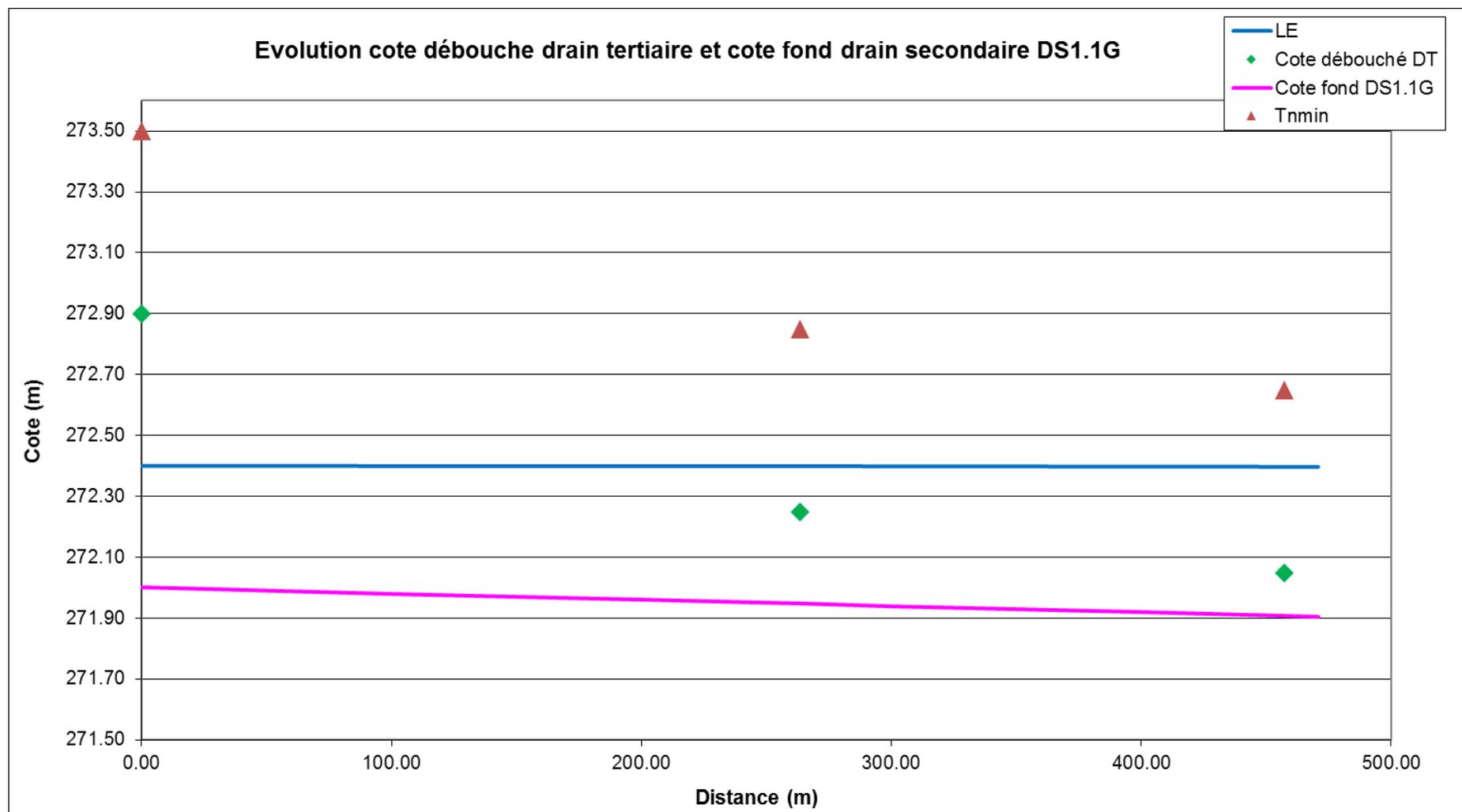


Figure 47: Evolution côte fond débouché drains tertiaires et côte fond du DS1.1G

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

Tableau 59: Calage et dimensionnement du drain secondaire DS1.2G

		Ks =	25
		Q équip (L/s/ha)	2.6
DS1.2G	1190.51 m	Pente Fond (cm/km)	20

P.M	Drains	Surface Drainée Cumulée (ha)	Débit cumulé (m3/s)	h (m)	b (m)	m	S (m2)	P mouillé (m)	Pente énergie (cm/km)	Côte fond (m)	PE Qmax (m)	Vitesse (m/s)
0.00	-		0.025038	0.40	2.00	1.5	1.040	3.442	0.46	271.75	272.15	
11.48	DT1.2.1D	9.63	0.025038	0.40	2.00	1.5	1.047	3.450	0.45	271.75	272.15	0.024
100.00		9.63	0.025038	0.42	2.00	1.5	1.103	3.513	0.39	271.73	272.15	0.023
200.00		9.63	0.025038	0.44	2.00	1.5	1.168	3.583	0.33	271.71	272.15	0.021
251.32	DT1.2.2D	18.68	0.048568	0.45	2.00	1.5	1.201	3.620	1.14	271.70	272.15	0.040
300.00		18.68	0.048568	0.46	2.00	1.5	1.232	3.653	1.06	271.69	272.15	0.039
400.00		18.68	0.048568	0.48	2.00	1.5	1.297	3.721	0.92	271.67	272.15	0.037
505.96	DT1.2.3D	28.24	0.073424	0.50	2.00	1.5	1.367	3.794	1.80	271.65	272.15	0.054
600.00		28.24	0.073424	0.51	2.00	1.5	1.427	3.856	1.59	271.63	272.14	0.051
686.70	DT1.2.4D	34.78	0.090428	0.53	2.00	1.5	1.484	3.913	2.17	271.61	272.14	0.061
700.00		34.78	0.090428	0.53	2.00	1.5	1.492	3.922	2.13	271.61	272.14	0.061
800.00		34.78	0.090428	0.55	2.00	1.5	1.557	3.986	1.89	271.59	272.14	0.058
872.02	DT1.2.5D	41.44	0.107744	0.56	2.00	1.5	1.605	4.033	2.46	271.58	272.14	0.067
900.00		41.44	0.107744	0.57	2.00	1.5	1.623	4.051	2.39	271.57	272.14	0.066
1000.00		41.44	0.107744	0.59	2.00	1.5	1.689	4.115	2.13	271.55	272.14	0.064
1100.00		41.44	0.107744	0.60	2.00	1.5	1.757	4.179	1.91	271.53	272.13	0.061
1177.22	DT1.2.6D	49.77	0.129402	0.62	2.00	1.5	1.810	4.229	2.54	271.51	272.13	0.071
		49.77	0.129402	0.62	2.00	1.5	1.819	4.238	2.50	271.51	272.13	0.071

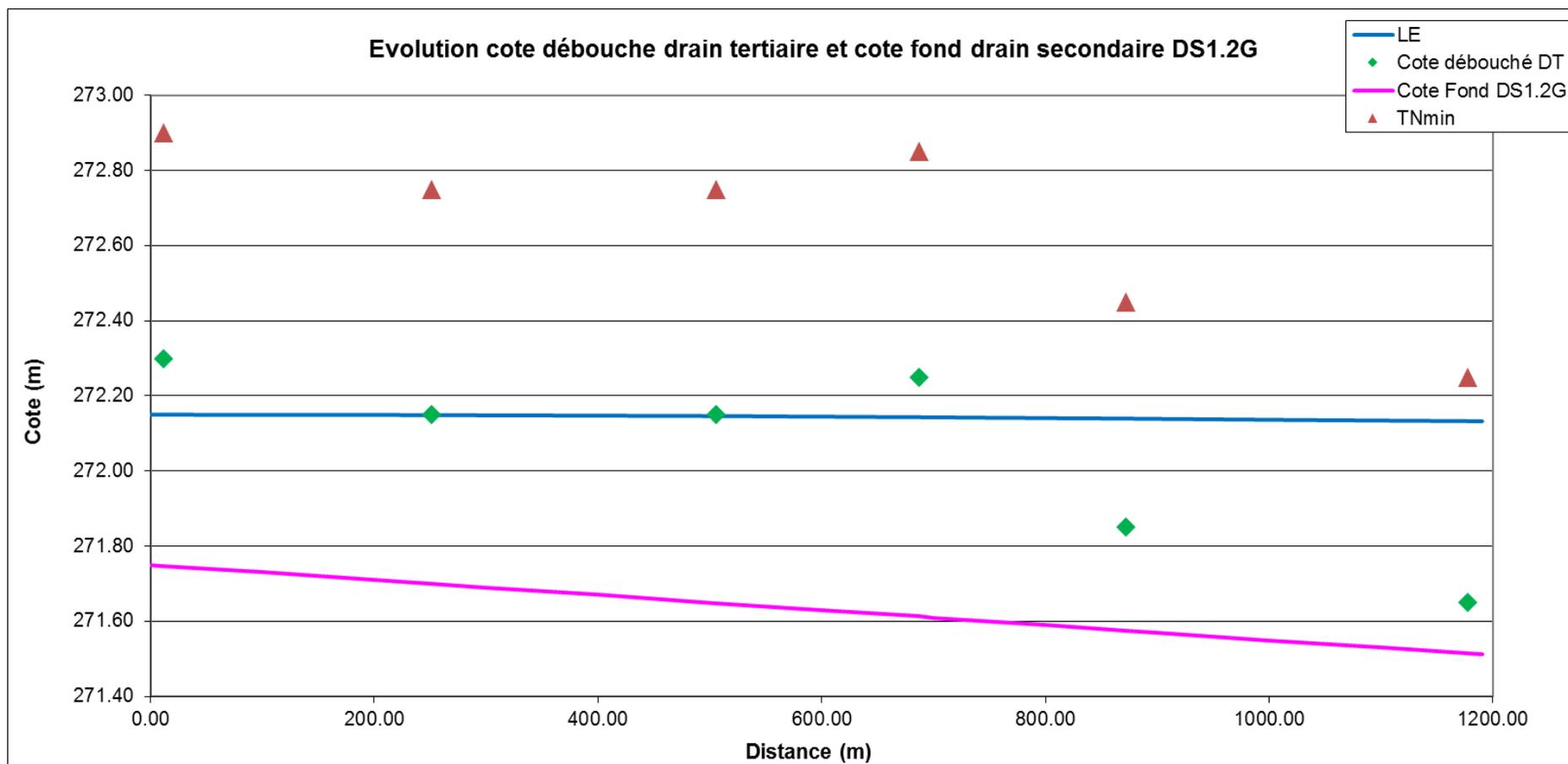


Figure 48: Evolution cote fond débouché drains tertiaires et cote fond du DS1.2G

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

Tableau 60: Calage et dimensionnement du drain secondaire DS1.3G

		Ks =		25									
		Q équip (L/s/ha)		2.6									
		Pente Fond (cm/km)		20									
P.M	DS1.3G	1731.87 m	Débit cumulé (m3/s)	h (m)	b (m)	m	S (m2)	P mouillé (m)	Pente énergie (cm/km)	Côte fond (m)	PE Qmax (m)	Vitesse (m/s)	
-	-		0.00936	0.35	2.00	1.5	0.884	3.262	0.10	271.80	272.15		
0.00	DT1.3.1L	3.60	0.00936	0.35	2.00	1.5	0.884	3.262	0.10	271.80	272.15	0.011	
100.00		3.60	0.00936	0.37	2.00	1.5	0.945	3.334	0.08	271.78	272.15	0.010	
200.00		3.60	0.00936	0.39	2.00	1.5	1.008	3.405	0.07	271.76	272.15	0.009	
300.00		3.60	0.00936	0.41	2.00	1.5	1.071	3.477	0.06	271.74	272.15	0.009	
400.00		3.60	0.00936	0.43	2.00	1.5	1.136	3.549	0.05	271.72	272.15	0.008	
433.51	DT1.3.2D	12.43	0.032318	0.44	2.00	1.5	1.158	3.573	0.56	271.71	272.15	0.028	
507.11	DT1.3.3D	21.74	0.056524	0.45	2.00	1.5	1.206	3.625	1.52	271.70	272.15	0.047	
600.00		21.74	0.056524	0.47	2.00	1.5	1.264	3.687	1.33	271.68	272.15	0.045	
700.00		21.74	0.056524	0.49	2.00	1.5	1.328	3.754	1.16	271.66	272.15	0.043	
744.37	DT1.3.4D	29.14	0.075764	0.49	2.00	1.5	1.357	3.784	1.96	271.65	272.15	0.056	
800.00		29.14	0.075764	0.50	2.00	1.5	1.392	3.820	1.82	271.64	272.14	0.054	
900.00		29.14	0.075764	0.52	2.00	1.5	1.457	3.886	1.60	271.62	272.14	0.052	
960.49	DT1.3.5D	35.94	0.093444	0.53	2.00	1.5	1.496	3.926	2.26	271.61	272.14	0.062	
1000.00		35.94	0.093444	0.54	2.00	1.5	1.522	3.951	2.15	271.60	272.14	0.061	
1100.00		35.94	0.093444	0.56	2.00	1.5	1.587	4.016	1.91	271.58	272.14	0.059	
1141.31	DT1.3.6D	41.66	0.108316	0.57	2.00	1.5	1.615	4.043	2.45	271.57	272.14	0.067	
1200.00		41.66	0.108316	0.58	2.00	1.5	1.653	4.080	2.29	271.56	272.14	0.066	
1300.00		41.66	0.108316	0.59	2.00	1.5	1.719	4.144	2.05	271.54	272.13	0.063	
1327.16	DT1.3.7D	47.64	0.123864	0.60	2.00	1.5	1.738	4.161	2.60	271.53	272.13	0.071	
1400.00		47.64	0.123864	0.61	2.00	1.5	1.786	4.207	2.41	271.52	272.13	0.069	
1500.00		47.64	0.123864	0.63	2.00	1.5	1.854	4.270	2.17	271.50	272.13	0.067	
1525.92	DT1.3.8D	54.15	0.14079	0.63	2.00	1.5	1.872	4.287	2.73	271.49	272.13	0.075	
1600.00		54.15	0.14079	0.65	2.00	1.5	1.922	4.333	2.54	271.48	272.13	0.073	
1700.00		54.15	0.14079	0.66	2.00	1.5	1.992	4.396	2.30	271.46	272.12	0.071	
1715.02	DT1.3.9D	59.97	0.155922	0.67	2.00	1.5	2.002	4.406	2.78	271.46	272.12	0.078	
1731.87		59.97	0.155922	0.67	2.00	1.5	2.014	4.416	2.73	271.45	272.12	0.077	

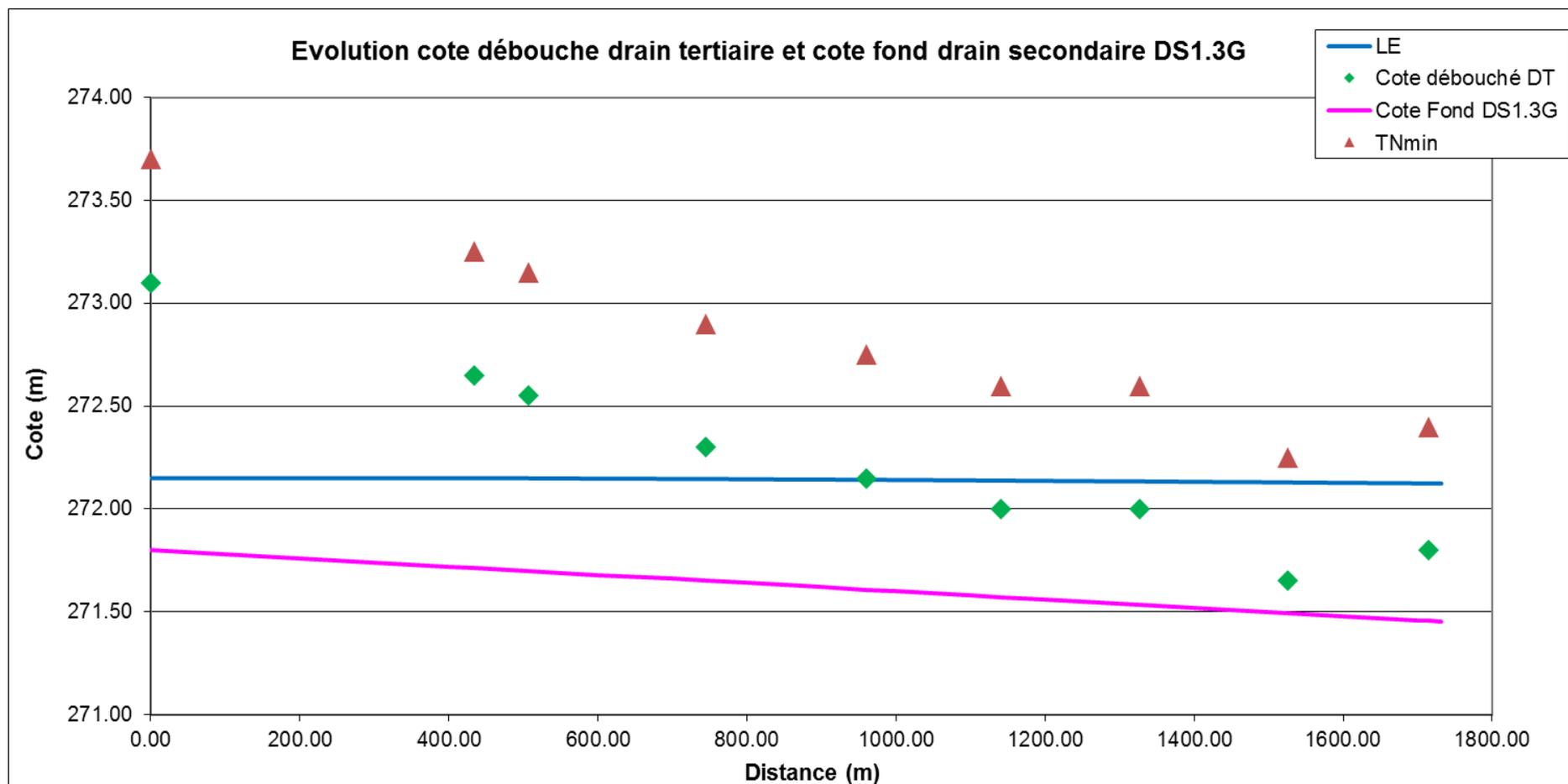


Figure 49: Evolution côte fond débouché drains tertiaires et côte fond du DS1.3G

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

Tableau 61: Calage et dimensionnement du drain secondaire DS1.4G

		Ks =		25									
		Q équip (L/s/ha)		2.6									
		Pente Fond (cm/km)		20									
P.M	DS1.4G	1758.43 m	Débit cumulé (m3/s)	h (m)	b (m)	m	S (m2)	P mouillé (m)	Pente énergie (cm/km)	Côte fond (m)	PE Qmax (m)	Vitesse (m/s)	
-	-	-	0.014508	0.40	2.00	1.5	1.040	3.442	0.15	271.55	271.95		
0.00			0.014508	0.40	2.00	1.5	1.046	3.449	0.15	271.55	271.95	0.014	
9.89	DT1.4.1D	5.58	0.014508	0.42	2.00	1.5	1.104	3.514	0.13	271.53	271.95	0.013	
100.00		5.58	0.014508	0.44	2.00	1.5	1.169	3.585	0.11	271.51	271.95	0.012	
200.00		5.58	0.014508	0.45	2.00	1.5	1.210	3.629	0.66	271.50	271.95	0.031	
260.33	DT1.4.2D	14.32	0.037232	0.46	2.00	1.5	1.235	3.656	0.62	271.49	271.95	0.030	
300.00		14.32	0.037232	0.48	2.00	1.5	1.301	3.726	0.53	271.47	271.95	0.029	
400.00		14.32	0.037232	0.50	2.00	1.5	1.362	3.789	1.15	271.45	271.95	0.043	
489.90	DT1.4.3D	22.45	0.05837	0.50	2.00	1.5	1.369	3.796	1.13	271.45	271.95	0.043	
500.00		22.45	0.05837	0.52	2.00	1.5	1.435	3.864	0.99	271.43	271.95	0.041	
600.00		22.45	0.05837	0.54	2.00	1.5	1.503	3.933	0.87	271.41	271.95	0.039	
700.00		22.45	0.05837	0.54	2.00	1.5	1.527	3.957	1.62	271.40	271.95	0.053	
734.66	DT1.4.4D	31.29	0.081354	0.55	2.00	1.5	1.571	4.000	1.49	271.39	271.94	0.052	
800.00		31.29	0.081354	0.57	2.00	1.5	1.639	4.067	1.32	271.37	271.94	0.050	
900.00		31.29	0.081354	0.59	2.00	1.5	1.700	4.126	2.01	271.35	271.94	0.062	
987.37	DT1.4.5D	40.62	0.105612	0.59	2.00	1.5	1.709	4.134	1.98	271.35	271.94	0.062	
1000.00		40.62	0.105612	0.61	2.00	1.5	1.777	4.199	1.78	271.33	271.94	0.059	
1100.00		40.62	0.105612	0.63	2.00	1.5	1.849	4.266	2.28	271.31	271.94	0.068	
1201.68	DT1.4.6D	48.58	0.126308	0.65	2.00	1.5	1.917	4.328	2.06	271.29	271.94	0.066	
1300.00		48.58	0.126308	0.66	2.00	1.5	1.955	4.363	2.42	271.28	271.93	0.072	
1353.56	DT1.4.7D	54.13	0.140738	0.66	2.00	1.5	1.988	4.392	2.31	271.27	271.93	0.071	
1400.00		54.13	0.140738	0.68	2.00	1.5	2.059	4.456	2.09	271.25	271.93	0.068	
1500.00		54.13	0.140738	0.70	2.00	1.5	2.130	4.519	2.63	271.23	271.93	0.078	
1597.35	DT1.4.8D	63.53	0.165178	0.70	2.00	1.5	2.131	4.521	2.62	271.23	271.93	0.077	
1600.00		63.53	0.165178	0.72	2.00	1.5	2.203	4.583	2.39	271.21	271.93	0.075	
1700.00		63.53	0.165178	0.72	2.00	1.5	2.234	4.610	3.08	271.20	271.93	0.086	
1741.61	DT1.4.9D	73.48	0.191048	0.72	2.00	1.5	2.245	4.620	3.03	271.20	271.92	0.085	
1758.43		73.48	0.191048	0.73	2.00	1.5	2.245	4.620	3.03	271.20	271.92	0.085	

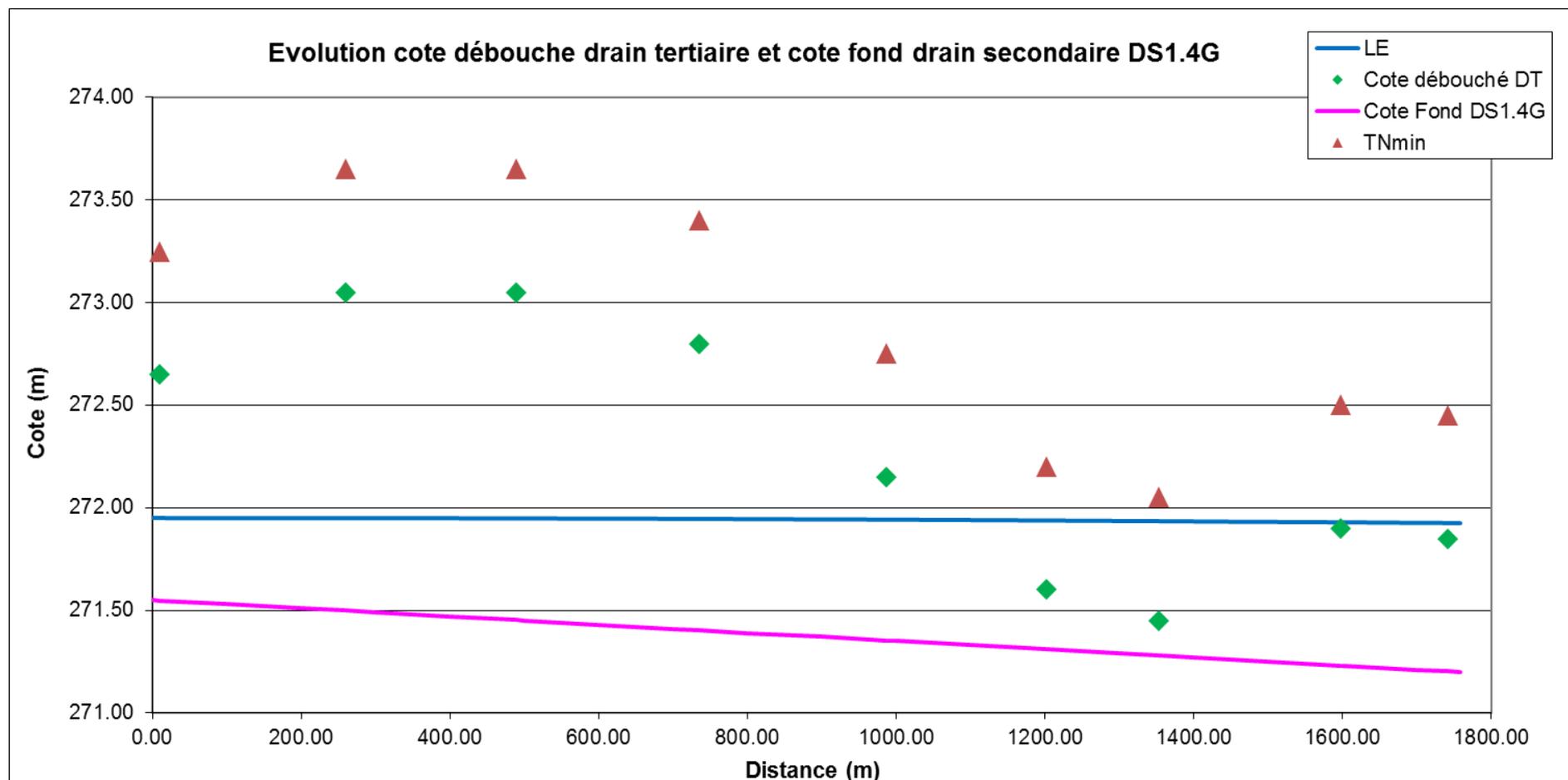


Figure 50: Evolution cote fond débouché drains tertiaires et cote fond du DS1.4G

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

Tableau 62: Calage et dimensionnement du drain secondaire DS1.5G

DS1.5G	1679.01 m	K _s =	25
		Q équip (L/s/ha)	2.6
		Pente Fond (cm/km)	20

P.M	Drains	Surface Drainée Cumulée (ha)	Débit cumulé (m3/s)	h (m)	b (m)	m	S (m2)	P mouillé (m)	Pente énergie (cm/km)	Côte fond (m)	PE Qmax (m)	Vitesse (m/s)
0.00	-		0.035828	0.40	2.00	1.5	1.040	3.442	0.94	271.55	271.95	
11.08	DT1.5.1D	13.78	0.035828	0.40	2.00	1.5	1.047	3.450	0.92	271.55	271.95	0.034
100.00		13.78	0.035828	0.42	2.00	1.5	1.102	3.511	0.79	271.53	271.95	0.033
200.00		13.78	0.035828	0.44	2.00	1.5	1.165	3.580	0.68	271.51	271.95	0.031
216.62	DT1.5.2D	18.92	0.049192	0.44	2.00	1.5	1.175	3.592	1.24	271.51	271.95	0.042
300.00		18.92	0.049192	0.46	2.00	1.5	1.228	3.648	1.10	271.49	271.95	0.040
400.00		18.92	0.049192	0.48	2.00	1.5	1.292	3.716	0.95	271.47	271.95	0.038
487.04	DT1.5.3D	23.62	0.061412	0.49	2.00	1.5	1.349	3.776	1.31	271.45	271.95	0.046
500.00		23.62	0.061412	0.50	2.00	1.5	1.358	3.785	1.28	271.45	271.95	0.045
600.00		23.62	0.061412	0.51	2.00	1.5	1.423	3.852	1.12	271.43	271.94	0.043
700.00		23.62	0.061412	0.53	2.00	1.5	1.491	3.920	0.99	271.41	271.94	0.041
712.62	DT1.5.4D	31.84	0.082784	0.54	2.00	1.5	1.499	3.929	1.76	271.41	271.94	0.055
800.00		31.84	0.082784	0.55	2.00	1.5	1.557	3.987	1.58	271.39	271.94	0.053
900.00		31.84	0.082784	0.57	2.00	1.5	1.625	4.053	1.40	271.37	271.94	0.051
951.62	DT1.5.5D	40.71	0.105846	0.58	2.00	1.5	1.661	4.088	2.16	271.36	271.94	0.064
1000.00		40.71	0.105846	0.59	2.00	1.5	1.693	4.119	2.05	271.35	271.94	0.063
1100.00		40.71	0.105846	0.61	2.00	1.5	1.761	4.183	1.83	271.33	271.94	0.060
1203.63	DT1.5.6D	50.27	0.130702	0.62	2.00	1.5	1.834	4.251	2.49	271.31	271.93	0.071
1300.00		50.27	0.130702	0.64	2.00	1.5	1.899	4.312	2.26	271.29	271.93	0.069
1400.00		50.27	0.130702	0.66	2.00	1.5	1.969	4.376	2.04	271.27	271.93	0.066
1414.25	DT1.5.7D	58.29	0.151554	0.66	2.00	1.5	1.980	4.385	2.71	271.27	271.93	0.077
1500.00		58.29	0.151554	0.68	2.00	1.5	2.039	4.439	2.49	271.25	271.93	0.074
1574.22	DT1.5.8D	64.32	0.167232	0.69	2.00	1.5	2.092	4.486	2.83	271.24	271.92	0.080
1600.00		64.32	0.167232	0.69	2.00	1.5	2.110	4.502	2.76	271.23	271.92	0.079
1663.46	DT1.5.9D	70.51	0.183326	0.70	2.00	1.5	2.155	4.541	3.13	271.22	271.92	0.085
1679.01		70.51	0.183326	0.71	2.00	1.5	2.165	4.550	3.09	271.21	271.92	0.085

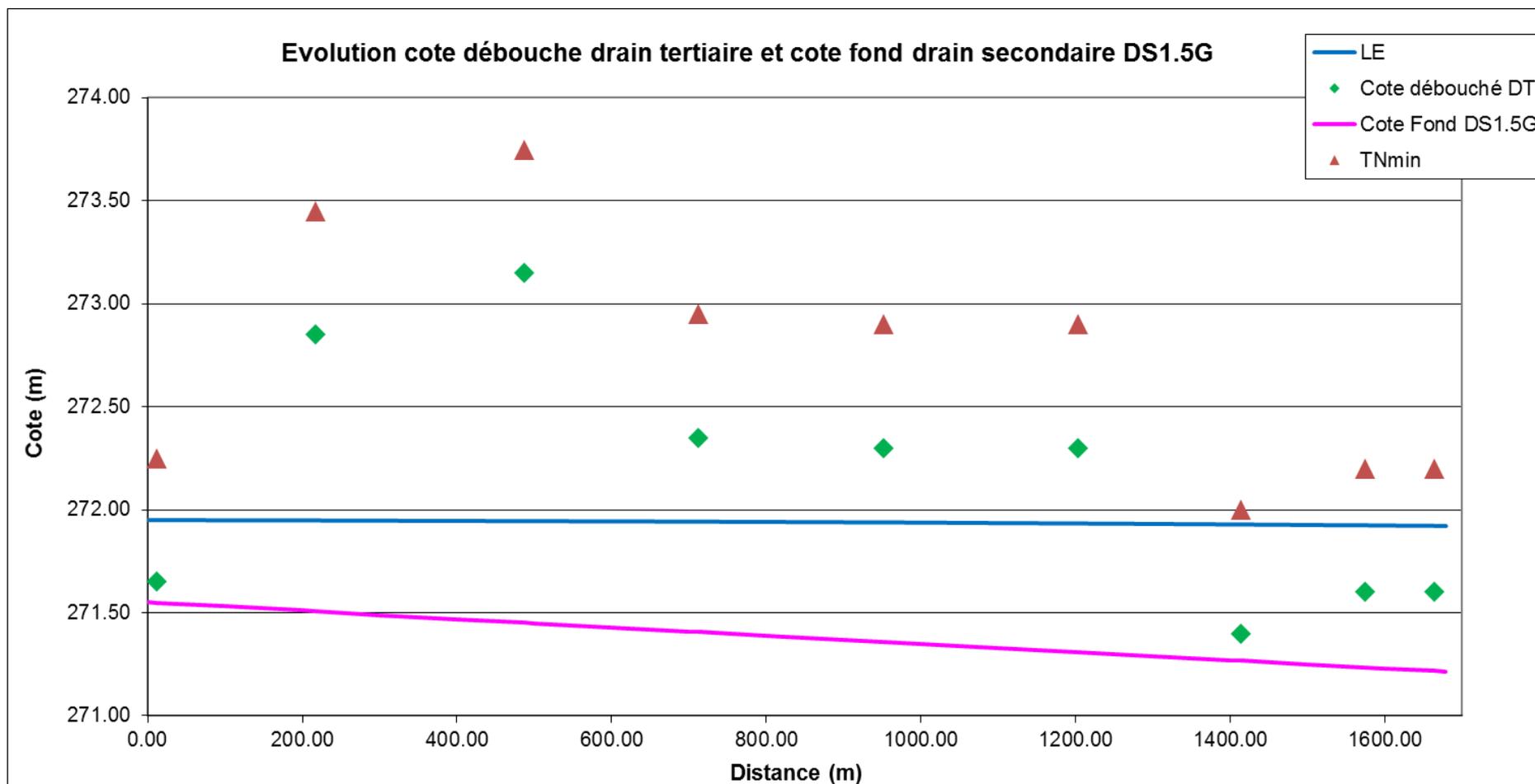


Figure 51: Evolution côte fond débouché drains tertiaires et côte fond du DS1.5G

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

Tableau 63: Calage et dimensionnement du drain secondaire DS1.6G

DS1.6G	1550.4 m	Ks =	25
		Q équip (L/s/ha)	2.6
		Pente Fond (cm/km)	20

P.M	Drains	Surface Drainée Cumulée (ha)	Débit cumulé (m3/s)	h (m)	b (m)	m	S (m2)	P mouillé (m)	Pente énergie (cm/km)	Côte fond (m)	PE Qmax (m)	Vitesse (m/s)
0.00	-		0.02418	0.40	2.00	1.5	1.040	3.442	0.43	271.75	272.15	
8.56	DT1.6.1D	9.30	0.02418	0.40	2.00	1.5	1.045	3.448	0.42	271.75	272.15	0.023
100.00		9.30	0.02418	0.42	2.00	1.5	1.103	3.513	0.36	271.73	272.15	0.022
200.00		9.30	0.02418	0.44	2.00	1.5	1.168	3.584	0.31	271.71	272.15	0.021
261.74	DT1.6.2D	17.60	0.04576	0.45	2.00	1.5	1.208	3.627	0.99	271.70	272.15	0.038
300.00		17.60	0.04576	0.46	2.00	1.5	1.233	3.654	0.94	271.69	272.15	0.037
400.00		17.60	0.04576	0.48	2.00	1.5	1.298	3.722	0.81	271.67	272.15	0.035
484.98	DT1.6.3D	25.10	0.06526	0.49	2.00	1.5	1.354	3.781	1.46	271.65	272.15	0.048
500.00		25.10	0.06526	0.50	2.00	1.5	1.364	3.791	1.43	271.65	272.15	0.048
600.00		25.10	0.06526	0.52	2.00	1.5	1.429	3.858	1.25	271.63	272.15	0.046
700.00		25.10	0.06526	0.53	2.00	1.5	1.496	3.926	1.10	271.61	272.14	0.044
711.83	DT1.6.4D	32.95	0.08567	0.54	2.00	1.5	1.504	3.934	1.87	271.61	272.14	0.057
800.00		32.95	0.08567	0.55	2.00	1.5	1.562	3.991	1.68	271.59	272.14	0.055
900.00		32.95	0.08567	0.57	2.00	1.5	1.630	4.058	1.49	271.57	272.14	0.053
934.23	DT1.6.5D	40.85	0.10621	0.58	2.00	1.5	1.653	4.080	2.20	271.56	272.14	0.064
1000.00		40.85	0.10621	0.59	2.00	1.5	1.697	4.123	2.05	271.55	272.14	0.063
1100.00		40.85	0.10621	0.61	2.00	1.5	1.765	4.187	1.83	271.53	272.14	0.060
1130.98	DT1.6.6D	47.96	0.124696	0.61	2.00	1.5	1.787	4.208	2.44	271.52	272.14	0.070
1200.00		47.96	0.124696	0.62	2.00	1.5	1.834	4.251	2.27	271.51	272.13	0.068
1300.00		47.96	0.124696	0.64	2.00	1.5	1.903	4.315	2.05	271.49	272.13	0.066
1330.39	DT1.6.7D	65.61	0.170586	0.65	2.00	1.5	1.924	4.335	3.71	271.48	272.13	0.089
		65.61	0.170586	0.68	2.00	1.5	2.067	4.464	3.04	271.44	272.12	0.083

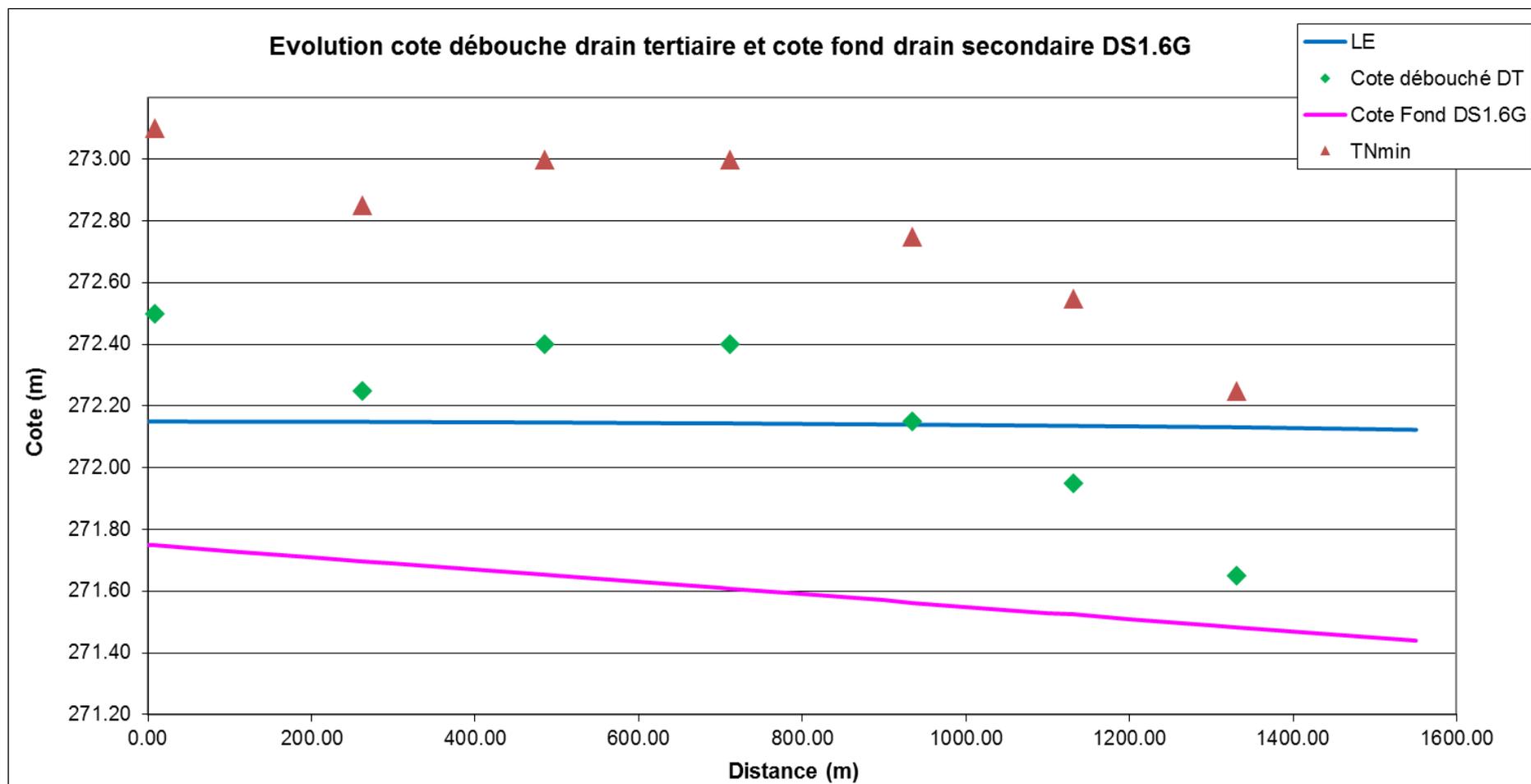


Figure 52: Evolution côte fond débouché drains tertiaires et côte fond du DS1.6G

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

Tableau 64: Calage et dimensionnement du drain primaire DP1

		Ks =	25
		Q équip (L/s/ha)	2.31
DP1	3399.23 m	Pente Fond (cm/km)	10

P.M	Drains	Surface Drainée Cumulée (ha)	Débit cumulé (m3/s)	h (m)	b (m)	m	S (m2)	P mouillé (m)	Pente énergie (cm/km)	Côte fond (m)	PE Qmax (m)	Vitesse (m/s)
0.00	-	0.00	0.064911	1.00	3.00	1.5	4.500	6.606	0.06	270.90	271.90	
200.00		0.00	0.064911	1.02	3.00	1.5	4.620	6.677	0.05	270.88	271.90	0.014
400.00		0.00	0.064911	1.04	3.00	1.5	4.741	6.749	0.05	270.86	271.90	0.014
497.68	DS1.1G	28.10	0.064911	1.05	3.00	1.5	4.801	6.784	0.05	270.85	271.90	0.014
600.00		28.10	0.064911	1.06	3.00	1.5	4.863	6.821	0.04	270.84	271.90	0.013
800.00		28.10	0.064911	1.08	3.00	1.5	4.987	6.893	0.04	270.82	271.90	0.013
904.86	DS1.2G	77.87	0.1798797	1.09	3.00	1.5	5.052	6.930	0.31	270.81	271.90	0.036
1000.00		77.87	0.1798797	1.10	3.00	1.5	5.110	6.963	0.30	270.80	271.90	0.035
1200.00		77.87	0.1798797	1.12	3.00	1.5	5.233	7.033	0.28	270.78	271.90	0.034
1302.11	DS1.3G	137.84	0.3184104	1.13	4.00	1.5	6.425	8.069	0.53	270.77	271.90	0.050
1400.00		137.84	0.3184104	1.14	4.00	1.5	6.494	8.103	0.52	270.76	271.90	0.049
1600.00		137.84	0.3184104	1.16	4.00	1.5	6.635	8.171	0.49	270.74	271.90	0.048
1800.00		137.84	0.3184104	1.18	4.00	1.5	6.777	8.240	0.46	270.72	271.90	0.047
1847.40	DS1.4G	211.32	0.4881492	1.18	4.00	1.5	6.811	8.256	1.06	270.72	271.90	0.072
2000.00		211.32	0.4881492	1.19	4.00	1.5	6.915	8.305	1.02	270.70	271.89	0.071
2200.00		211.32	0.4881492	1.21	4.00	1.5	7.051	8.370	0.96	270.68	271.89	0.069
2358.30	DS1.5G	281.83	0.6510273	1.23	4.00	1.5	7.161	8.421	1.64	270.66	271.89	0.091
2400.00		281.83	0.6510273	1.23	4.00	1.5	7.188	8.434	1.62	270.66	271.89	0.091
2600.00		281.83	0.6510273	1.25	4.00	1.5	7.317	8.494	1.55	270.64	271.89	0.089
2800.00		281.83	0.6510273	1.26	4.00	1.5	7.448	8.555	1.47	270.62	271.88	0.087
2837.72	DS1.6G	347.44	0.8025864	1.27	4.00	1.5	7.473	8.567	2.21	270.62	271.88	0.107
3399.23		347.44	0.8025864	1.31	4.00	1.5	7.817	8.725	1.95	270.56	271.87	0.103

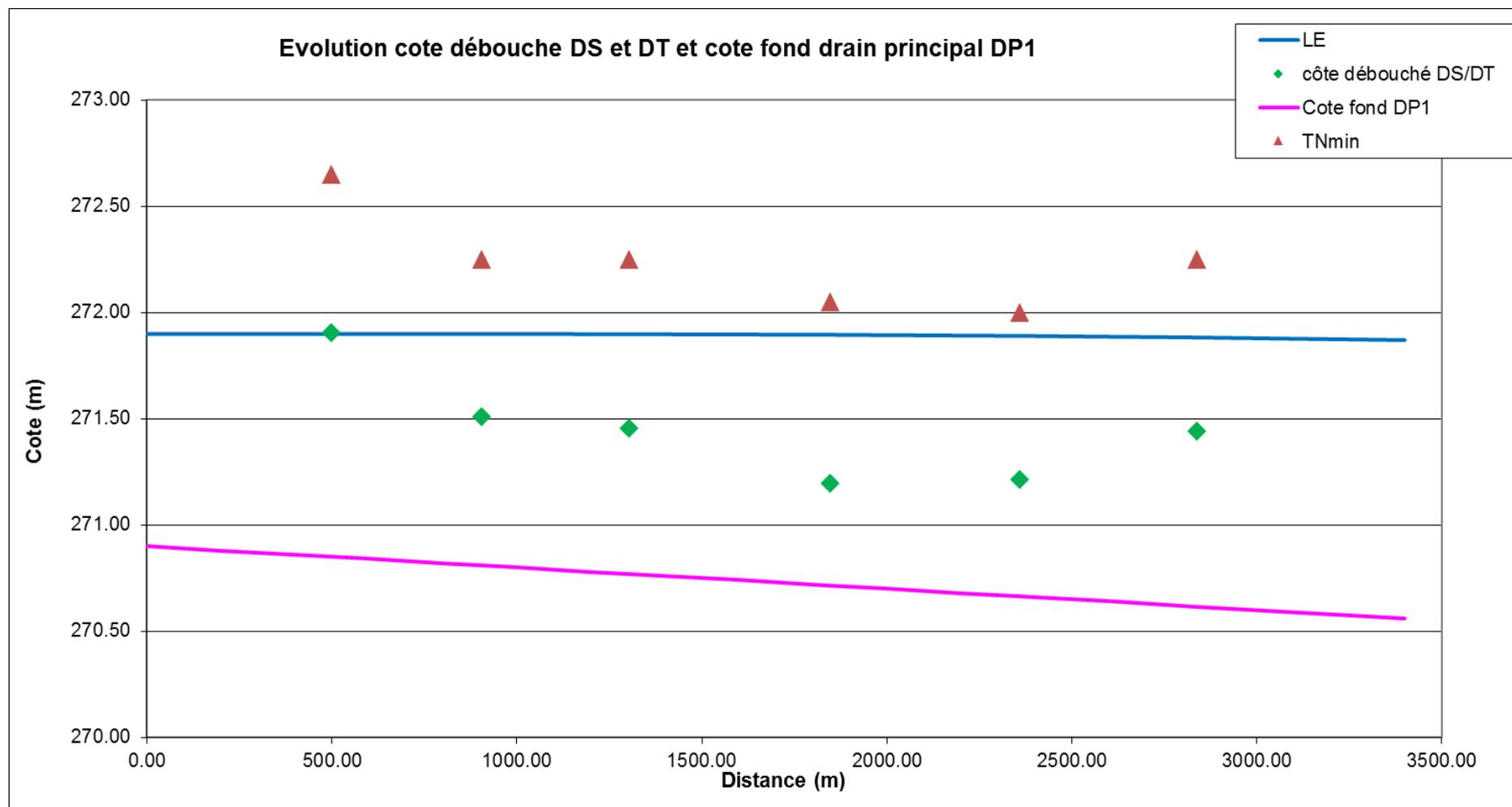


Figure 53: Evolution cote fond débouché DS, DT et cote fond du DP1

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

Tableau 65: Calage et dimensionnement du drain collecteur DC

		Ks =	25
		Q équip (L/s/ha)	2.31
DC	5905.03 m	Pente Fond (cm/km)	10

P.M	Drains	Surface Drainée Cumulée (ha)	Débit cumulé (m3/s)	h (m)	b (m)	m	S (m2)	P mouillé (m)	Pente énergie (cm/km)	Côte fond (m)	PE Qmax (m)	Vitesse (m/s)
0.00	-		0.0916608	1.10	4.00	1.5	6.215	7.966	0.05	270.30	271.40	0.015
0.00	DS1L	39.68	0.0916608	1.10	4.00	1.5	6.215	7.966	0.05	270.30	271.40	0.015
0.00	DS2D	96.44	0.2227764	1.10	4.00	1.5	6.215	7.966	0.29	270.30	271.40	0.036
200.00		96.44	0.2227764	1.12	4.00	1.5	6.357	8.036	0.27	270.28	271.40	0.035
335.72	Ind DT1D	101.39	0.2342109	1.13	4.00	1.5	6.455	8.084	0.28	270.27	271.40	0.036
400.00		101.39	0.2342109	1.14	4.00	1.5	6.501	8.106	0.28	270.26	271.40	0.036
526.91	Ind DT2D	108.39	0.2503809	1.15	4.00	1.5	6.593	8.151	0.31	270.25	271.40	0.038
600.00		108.39	0.2503809	1.16	4.00	1.5	6.646	8.176	0.30	270.24	271.40	0.038
720.73	S/Ind DT3D	123.18	0.2845458	1.17	4.00	1.5	6.733	8.219	0.37	270.23	271.40	0.042
720.73	Ind DT3D	131.62	0.3040422	1.17	4.00	1.5	6.733	8.219	0.43	270.23	271.40	0.045
800.00		131.62	0.3040422	1.18	4.00	1.5	6.791	8.246	0.42	270.22	271.40	0.045
1200.00		131.62	0.3040422	1.22	4.00	1.5	7.082	8.384	0.37	270.18	271.40	0.043
1313.85	Ind DT4D	141.62	0.3271422	1.23	4.00	1.5	7.166	8.424	0.41	270.17	271.40	0.046
1400.00		141.62	0.3271422	1.24	4.00	1.5	7.229	8.454	0.40	270.16	271.40	0.045
1698.00	Ind DT5D	151.62	0.3502422	1.26	4.00	1.5	7.451	8.557	0.43	270.13	271.39	0.047
1800.00		151.62	0.3502422	1.27	4.00	1.5	7.527	8.592	0.41	270.12	271.39	0.047
2016.54	Ind DT6D	158.62	0.3664122	1.29	4.00	1.5	7.691	8.667	0.43	270.10	271.39	0.048
2200.00		158.62	0.3664122	1.31	4.00	1.5	7.829	8.730	0.41	270.08	271.39	0.047
2217.22	Ind DT7D	165.62	0.3825822	1.31	4.00	1.5	7.843	8.736	0.44	270.08	271.39	0.049
2329.84	Ind DT8D	175.37	0.4051047	1.32	4.00	1.5	7.928	8.775	0.48	270.07	271.39	0.051
2343.14	DP1	522.81	1.2076911	1.33	4.00	1.5	7.938	8.780	4.24	270.07	271.39	0.152
2400.00		522.81	1.2076911	1.33	4.00	1.5	7.964	8.791	4.20	270.06	271.39	0.152
3800.00		522.81	1.2076911	1.42	4.00	1.5	8.668	9.104	3.32	269.92	271.34	0.139
4800.00		522.81	1.2076911	1.48	4.00	1.5	9.245	9.353	2.77	269.82	271.30	0.131
5800.00		522.81	1.2076911	1.56	4.00	1.5	9.880	9.620	2.31	269.72	271.28	0.122
5905.03		522.81	1.2076911	1.57	4.00	1.5	9.950	9.650	2.26	269.71	271.28	0.121

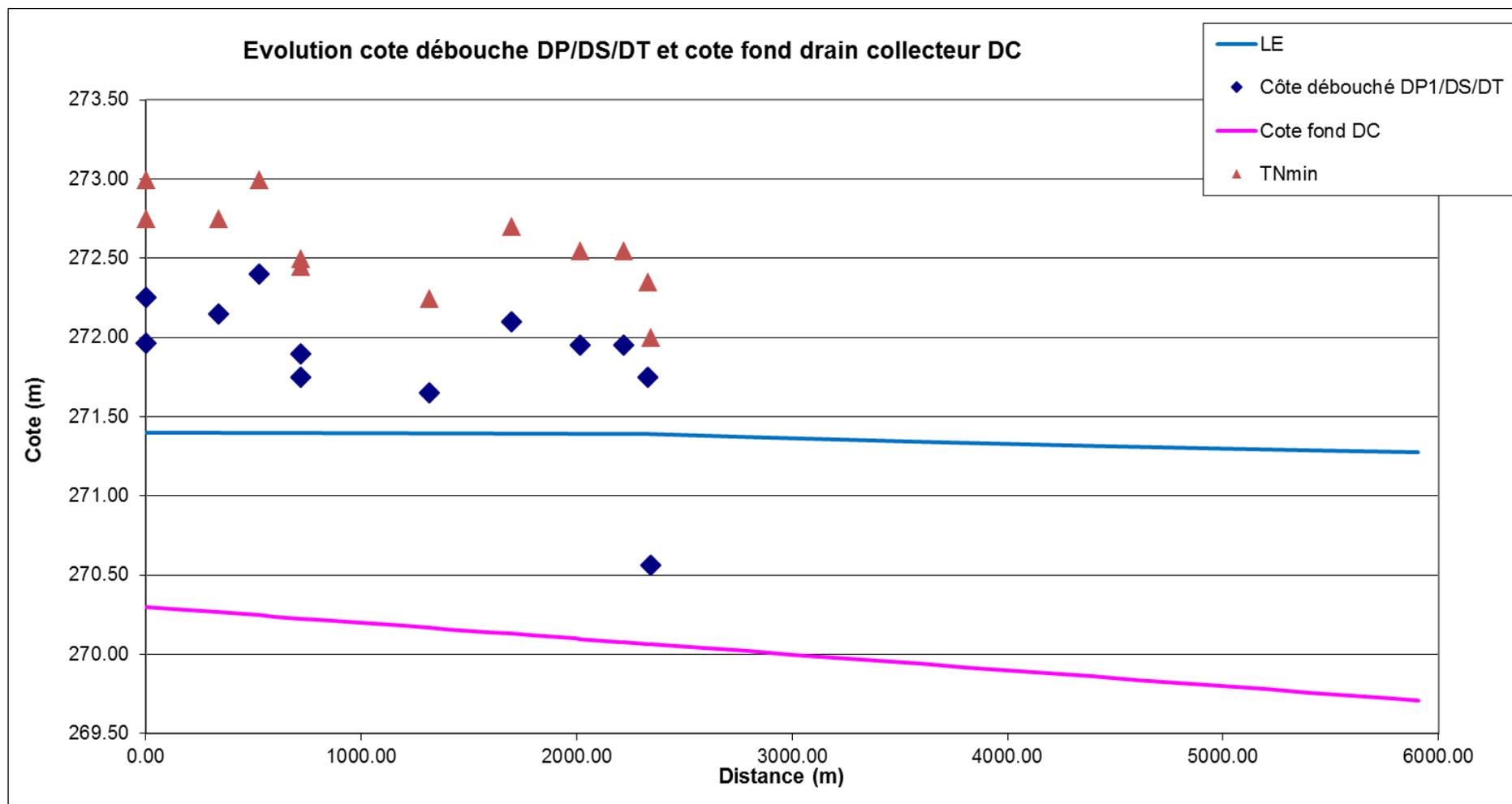


Figure 54: Evolution cote fond débouché DP, DS, DT et cote fond du DC

V. Calage et dimensionnement des ouvrages

A. Ouvrages de prise des canaux primaires

Comme indiqué plus haut, les prises du canal adducteur et du canal primaire seront équipées de vannes automatiques du type AVIS.

Une fois que les lignes d'eau du canal sont calées (voir **Figure 55**), les vannes AVIS sont sélectionnées en fonction du débit à transiter et les charges maximale et minimale.

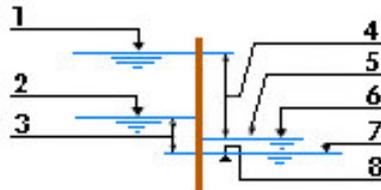


Figure 55 : Différents niveaux d'eau lors du fonctionnement des vannes AVIS

D'où : (1) : niveau d'eau amont pour $Q=0$; (2) : niveau d'eau amont pour Q_{max} ; (3) : charge minimale (pertes de charge de la vanne) ; (4) : charge maximale ; (5) : axe d'articulation de la vanne ; (6) : niveau d'eau aval correspondant à $Q=0$; (7) : niveau d'eau aval correspondant à Q_{max} ; (8) : dénivelé (6-7).

Le diagramme présenté sur la **Figure 56** donne le débit et les pertes de charge en fonction des différents types de vannes AVIS :

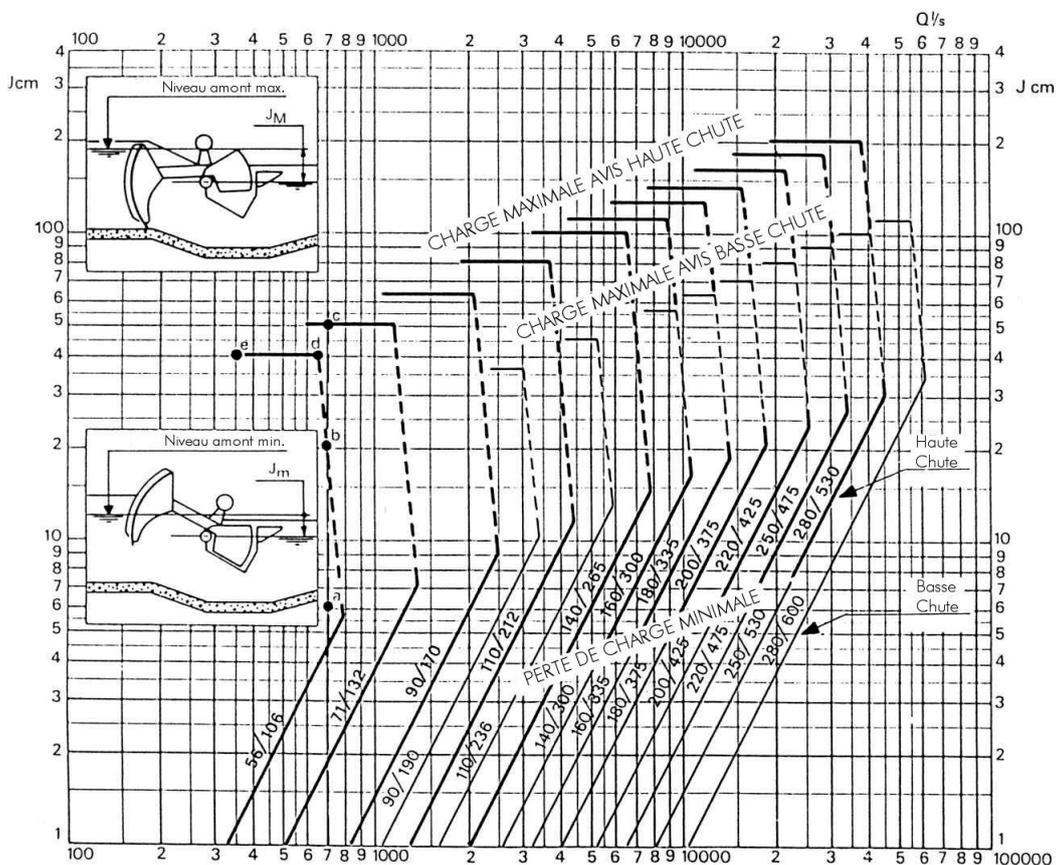


Figure 56 : Diagramme des pertes de charges des vannes AVIS

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

En connaissant le débit à transiter et la charge admissible, l'ouvrage est sélectionné en traçant la verticale passant par la valeur du débit et l'horizontale passant par la charge maximale. L'intersection de ces deux droites donne un point qui indique le type de vanne AVIS capable. Potentiellement, toutes les vannes situées à droite de ce point peuvent être choisies par contre celles situées à gauche n'ont pas les capacités requises.

Sur la **Figure 57** on observe les deux points en fonction des charges maximale et minimale respectivement en noir et rouge sur l'abaque des pertes de charge pour la sélection des vannes au niveau de la prise du canal adducteur.

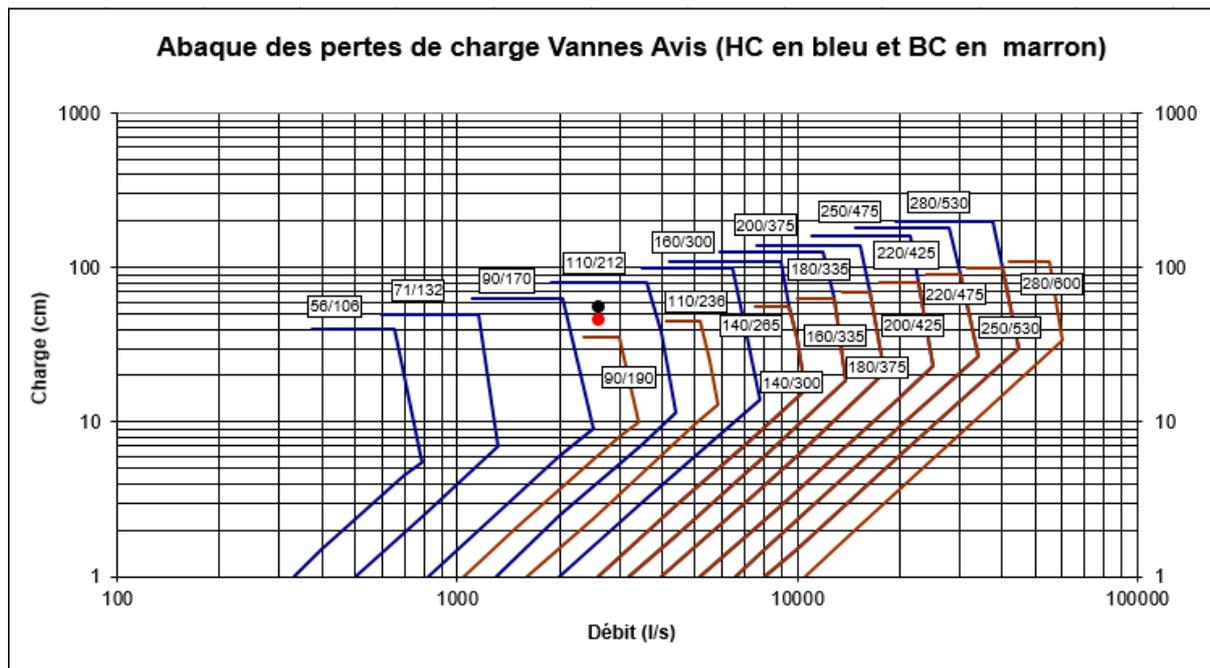


Figure 57 : Sélection des vannes AVIS pour la prise du canal adducteur

La figure ci-dessous montre le schéma d'installation Génie Civil des vannes AVIS :

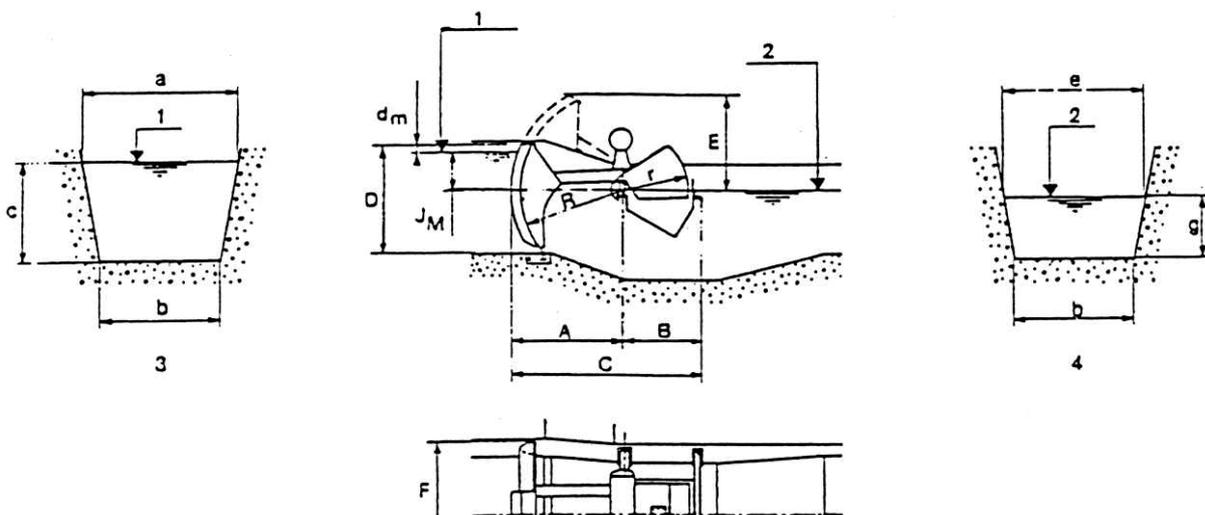


Figure 58 : Installation des vannes AVIS (56/106 à 90/190)

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

Le tableau ci-dessous donne les dimensions des vannes AVIS :

Tableau 66 : Dimensions des vannes AVIS (56/106 à 90/190)

Cotes en cm

AVIS® r/b		Dimensions								Charge max.	Géométrie du pertuis		
Haute chute	Basse chute	A	B	C	D	E	F	R	r	J _M	a	b	c
56/106		102	62	164	98	90	140	90	56	40	138,5	106	96
71/132		127	78	205	123,5	110	181	112	71	50	180	132	121
90/170		158	100	258	156	135	222	140	90	63	221	170	153
	90/190	180	100	280	138,5	130	237	160	90	35,5	236	190	135,5
110/212		202	190	392	196	175	286	180	110	80	277,5	212	192
	110/236	225	190	415	174	165	316	200	110	45	296	236	170
140/265		252	210	462	245	215	360	224	140	100	350,5	265	240
	140/300	282	210	492	221	205	400	250	140	56	374,5	300	216
160/300		282	233	515	275,5	240	402	250	160	110	393	300	270
	160/335	315	233	548	248,5	230	447	280	160	63	422,5	335	243
180/335		315	254	569	311	270	455	280	180	125	445	335	305
	180/375	355	254	609	276	260	505	315	180	70	476,5	375	270
200/375		355	274	629	347	300	507	315	200	140	502,5	375	340
	200/425	400	274	674	311	290	557	355	200	80	527	425	304
220/425		400	302	702	392	340	571	355	220	160	553,5	425	384
	220/475	450	302	752	348	325	631	400	220	90	590,5	475	340
250/475		450	331	781	439	380	634	400	250	180	621,5	475	430
	250/530	500	331	831	389	365	704	450	250	100	666	530	380
280/530		500	360	860	490	430	713	450	280	200	701,5	530	480
	280/600	565	360	925	435	405	793	500	280	110	748,5	600	425

B. Ouvrages de prise des canaux secondaires et tertiaires

Les prises des canaux secondaires et tertiaires sont équipées de modules à masque. Les modules à masque sont choisis et calés selon les modalités ci-après :

Choix et calage des modules à masques :

Après le calage de la ligne d'eau à débit maximal (PE Q_{max}) et à débit nul (PE Q₀) et connaissant le débit prélevé, on procède au calage du module à masque.

Le choix du type de module dépend (i) du débit (Q) requis en aval, (ii) de la perte de charge admissible (Δh_{min}), (iii) du marnage toléré en amont (M_{max}) et (iv) de la section-type (X, XX, L ou C) qui conditionne l'encombrement en largeur (l).

Le **Tableau 67** ci-après donne le marnage limite et les pertes de charge des différents types de modules à masques.

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

Tableau 67 : Marnage et pertes de charges des modules à masques

Module		Débit	Section	Fractionnement	PENom p.r. Seuil Prise					h(max) aval	Δhmin P. de Ch.	Observation
Type	Simple Double	Q	S	F	Hs	Marnage						Prise Tête
T	S/D	l/s	l/s,cm	l/s	cm	cm	cm	Hs +/- 10%Q	Position	cm	cm	Réseau
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)=(8-11)	(13)
X1	Simple	30 - 150	1	5-10-15-30	17	-20 -17 -13	7	+3 0 -4	-0,4 0,6	8	9	Tertiaire
X2	Double	30 - 150	1	5-10-15-30	17	-31 -27 -23	18	+13 0 -4	0,7 0,3	8	9	Tertiaire
XX1	Simple	30 - 480	2	10-20-30-60-90	27	-31 -27 -23	11	+4 0 -7	-0,4 0,6	12	15	Secondaire
XX2	Double	30 - 480	2	10-20-30-60-90	28	-48 -44 -40	28	+20 0 -8	0,7 0,3	12	16	Secondaire
L1	Simple	500 - 1500	5	50-100-200-400	50	-58 -54 -50	21	+8 0 -13	-0,4 0,6	22	28	Primaire Secondaire
L2	Double	500 - 1500	5	50-100-200-400	51	-69 -65 -61	52	+38 0 -13	0,7 0,3	22	29	Primaire Secondaire
C1	Simple	1000 - 3000	10	100-200-400-800-1000	79	-92 -88 -84	33	+13 0 -20	-0,4 0,6	35	44	Primaire Secondaire
C2	Double	1000 - 3000	10	100-200-400-800-1000	81	-142 -138 -134	83	+61 0 -22	0,7 0,3	35	46	Primaire Secondaire

Choix du module dépend de :
 (1) Débit requis en aval (Qmax);
 (2) Encombrement en largeur (l), voir Tab. 2.2;
 (3) Perte de Charge admissible (Δh min);
 (4) Marnage amont toléré (Mmax).

Position (%) type module p.r. commande			
SM (3 / 7)	X1	-0,4	Com. Aval
SM (4 / 7)	X1	+0,6	Com. Amont
DM (13 / 18)	X2	-0,7	Com. Aval
DM (6 / 18)	X2	+0,3	Com. Amont

Remarques:
 Toujours installer un même type de module sur un canal d'irrigation;
 Si possible, un même type de module sur le réseau secondaire et un même type de module sur le réseau tertiaire;
 Perte de Charge (min) = Δh voir tableau; Perte de Charge (max) = Δh(max) = Hs;
 La perte de charge dans le passage busé sous la piste (en aval du module) est à négliger.

Le marnage est donné par la formule suivante : **marnage = PE Qmax – PE Q0**

Le calage consiste à définir les côtes d'installation de l'ouvrage de manière à ce qu'il puisse recevoir de l'eau. Il est effectué suivant le principe suivant :

1) Détermination du plan d'eau nominal :

Le plan d'eau nominal se situe entre le PE Qmax et le PE Q0. Il s'obtient pour un type de module, par interpolation en se référant aux courbes de fonctionnement des modules sur les Figure 59 et Figure 60.

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

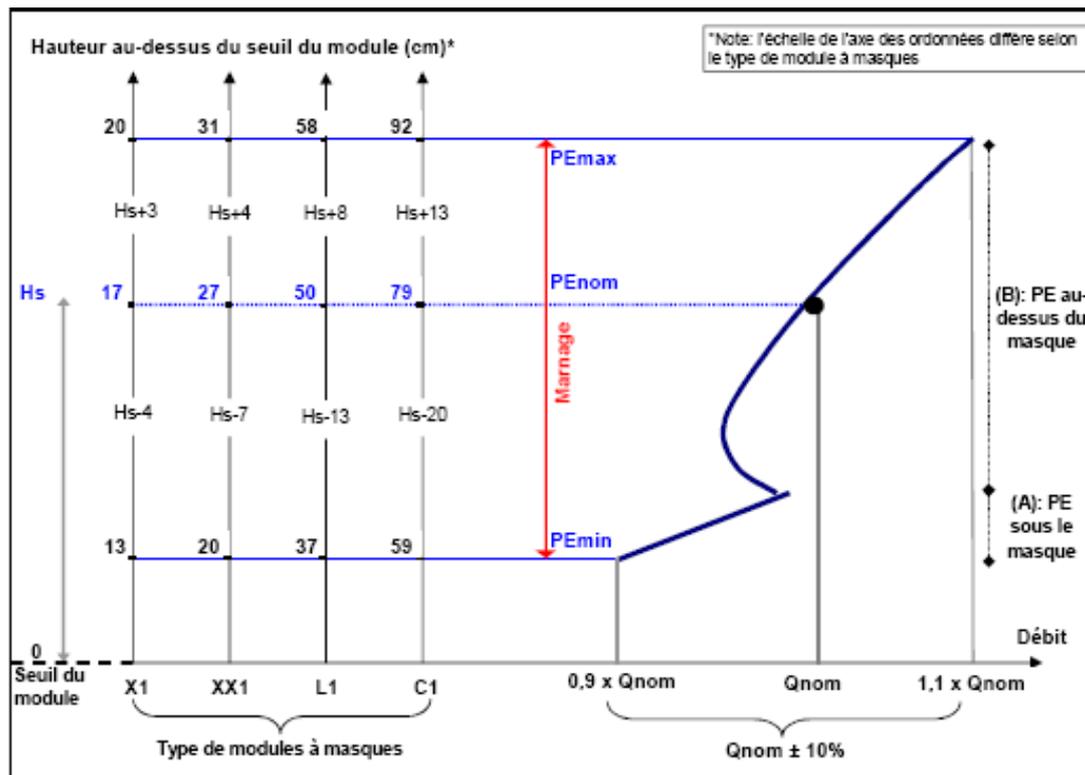


Figure 59 : Courbe de fonctionnement des modules à 1 masque

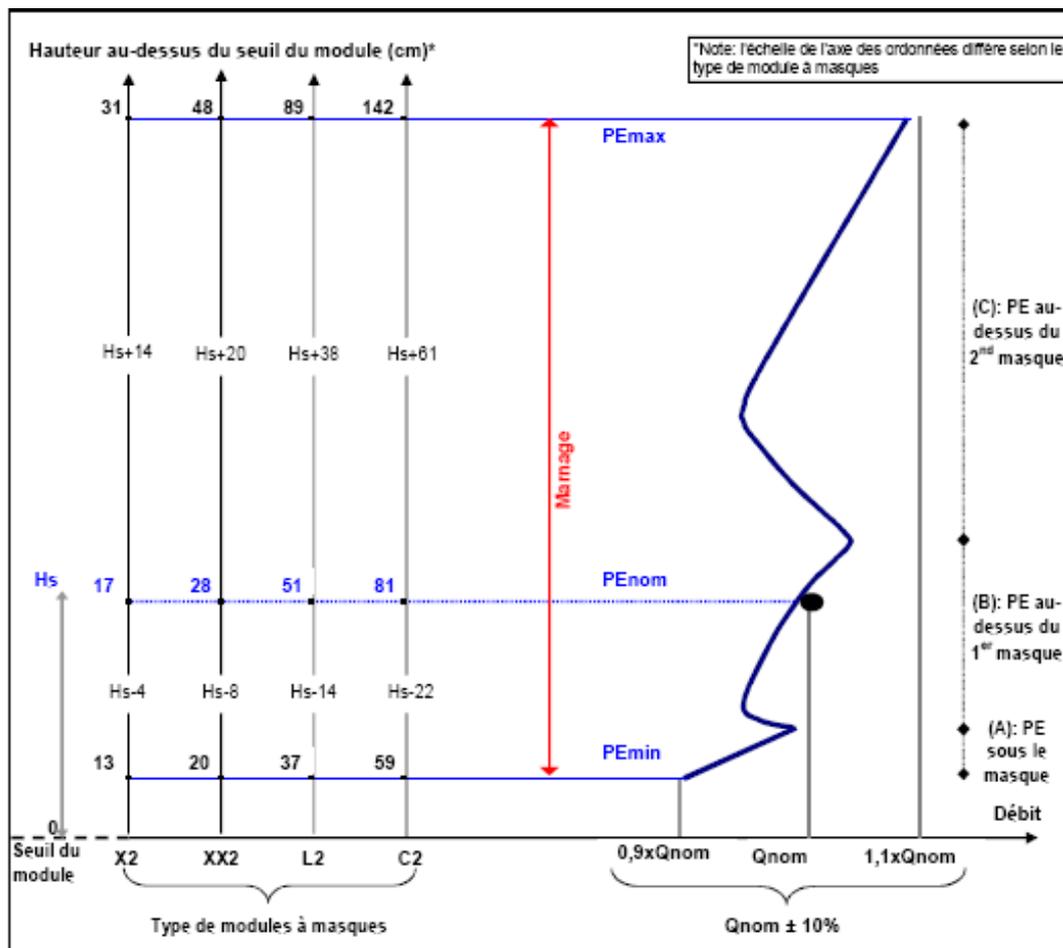


Figure 60 : Courbe de fonctionnement des modules à 2 masques

2) Détermination de la côte de la première phase du béton

La première phase du béton est le niveau où le module est posé sur sa base. Ce niveau est situé en dessous du PE nominal à une hauteur qui est fonction du type de module.

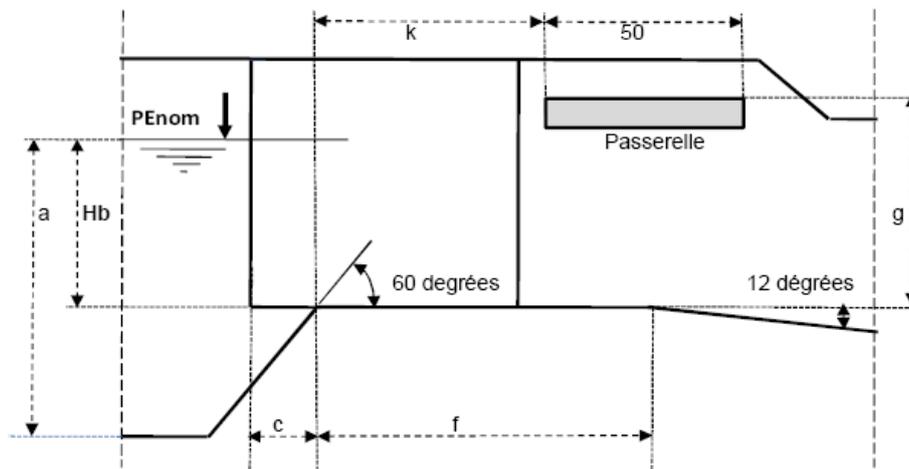


Figure 61 : Schéma d'installation du module

Tableau 68 : Côtes d'installation des modules

Module	a mln	Hb	c	d	e	f	g	k
X1	33	25	9	34	5	45	35	25
XX1	52	37	10	46	5	57	47	36
L1	97	68	16	94	10	103	68	85
C1	154	105	25	140	15	146		
X2	35	26	3	36	5	48	49	40
XX2	54	40	4	54	5	68	70	60
L2	100	75	20	115	10	135	105	100
C2	158	120	25	170	15	210		

La côte de la première phase du béton équivaut à PE nominal – Hb (m)

3) Détermination de la côte du seuil du module

La côte du seuil correspond à la partie inférieure de l'ouverture du module.

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

Tableau 70 : Côtes de calages des ouvrages de prises tertiaires du canal secondaire CS1G

Canal tertiaire	P.M.	Surface irriguée	Débit	Conditions amont		Type module	PE nominal	Côte béton 1 ^{ère} phase	Côte seuil module	TN max parcelles	PE tertiaire	Longueur	Côte cavalier Canal tertiaire
				PEQ Max	PEQ0								
	m	ha	l/s	m+	m+	-	m+	m+	m+	m+	m+	m	m+
	0.00			273.90	273.88		273.89						
CT1.1D	13.66	10.00	30	273.90	273.88	X2 30	273.88	273.62	273.70	273.45	273.70	414.64	274.00
CT1.2D	244.86	9.60	30	273.88	273.88	X2 30	273.88	273.62	273.70	273.45	273.70	429.34	274.00
CT1.3D	473.79	9.90	30	273.88	273.88	X2 30	273.88	273.62	273.70	273.40	273.65	433.62	273.95
	481.50			273.88	273.88		273.88						

Tableau 71 : Côtes de calages des ouvrages de prises tertiaires du canal secondaire CS2G

Canal tertiaire	P.M.	Surface irriguée	Débit	Conditions amont		Type module	PE nominal	Côte béton 1 ^{ère} phase	Côte seuil module	TN max parcelles	PE tertiaire	Longueur	Côte cavalier Canal tertiaire
				PEQ Max	PEQ0								
	m	ha	l/s	m+	m+	-	m+	m+	m+	m+	m+	m	m+
	0.00			274.05	273.95		273.97						
CT2.1G	10.07	9.31	25	274.05	273.95	X2 25	273.97	273.71	273.79	273.45	273.70	489.06	274.00
R1	15.07			274.05	273.95		273.97						
R1	15.17			273.64	273.44		273.50						
CT2.2G	560.97	7.40	20	273.54	273.44	X2 20	273.47	273.21	273.29	273.10	273.35	327.41	273.65
CT2.3G	799.82	6.80	20	273.50	273.44	X2 20	273.46	273.20	273.28	273.05	273.30	342.44	273.60
CT2.4G	1017.56	5.72	15	273.47	273.44	X2 15	273.45	273.19	273.27	273.00	273.25	345.86	273.55
CT2.5G	1199.72	5.98	20	273.45	273.44	X2 20	273.45	273.19	273.27	273.00	273.25	351.95	273.55
CT2.6G	1386.95	6.51	20	273.45	273.44	X2 20	273.45	273.19	273.27	272.99	273.24	358.71	273.54
CT2.7G	1587.18	5.82	20	273.44	273.44	X2 20	273.44	273.18	273.26	272.93	273.18	360.43	273.48
	1593.08			273.44	273.44		273.44						

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

Tableau 72 : Côtes de calages des ouvrages de prises tertiaires du CS3G

Canal tertiaire	P.M.	Surface irriguée	Débit	Conditions amont		Type module	PE nominal	Côte béton 1 ^{ère} phase	Côte seuil module	TN max parcelles	PE tertiaire	Longueur	Côte cavalier Canal tertiaire
				PEQ Max	PEQ0								
	m	ha	l/s	m+	m+	-	m+	m+	m+	m+	m+	m	m+
	0			274.25	274.12		274.16						
CT3.1 G	14.3	9.63	30	274.25	274.12	X2 30	274.16	273.90	273.98	273.65	273.90	672.19	274.20
CT3.2G	23.38	9.05	25	274.25	274.12	X2 25	274.16	273.90	273.98	273.55	273.80	413.08	274.10
CT3.3G	261.95	9.56	25	274.22	274.12	X2 25	274.15	273.89	273.97	273.65	273.90	403.95	274.20
CT3.4G	515.25	6.54	20	273.92	273.82	X2 20	273.85	273.59	273.67	273.35	273.60	403.36	273.90
CT3.5G	695.04	6.66	20	273.48	273.48	X2 20	273.48	273.22	273.30	273.05	273.30	398.00	273.60
CT3.6G	879.37	8.33	25	273.48	273.48	X2 25	273.48	273.22	273.30	272.95	273.20	396.68	273.50

Tableau 73 : Côtes de calages des ouvrages de prises tertiaires du CS1.1D

Canal tertiaire	P.M.	Surface irriguée	Débit	Conditions amont		Type module	PE nominal	Côte béton 1 ^{ère} phase	Côte seuil module	TN max parcelles	PE tertiaire	Longueur	Côte cavalier Canal tertiaire
				PEQ Max	PEQ0								
	m	ha	l/s	m+	m+	-	m+	m+	m+	m+	m+	m	m+
	0.00			274.50	274.35		274.39						
CT1.1.1G	15.32	5.58	15	274.50	274.35	X2 15	274.39	274.13	274.21	273.90	274.15	419.27	274.45
CT1.1.2G	121.58	8.74	25	274.49	274.35	X2 25	274.39	274.13	274.21	273.95	274.20	371.31	274.50
CT1.1.3G	374.15	8.13	25	274.47	274.35	X2 25	274.38	274.12	274.20	273.95	274.20	377.81	274.50
CT1.1.4G	605.67	8.84	25	274.45	274.35	X2 25	274.38	274.12	274.20	273.90	274.15	387.38	274.45
CT1.1.5G	852.34	9.33	25	274.29	274.19	X2 25	274.21	273.95	274.03	273.75	274.00	391.89	274.30
CT1.1.6G	1107.05	7.96	25	273.59	273.49	X2 25	273.51	273.25	273.33	273.05	273.30	400.18	273.60
CT1.1.7G	1323.04	5.55	15	273.29	273.29	X2 15	273.29	273.03	273.11	272.80	273.05	404.69	273.35
CT1.1.8G	1476.10	9.40	25	273.29	273.29	X2 25	273.29	273.03	273.11	272.75	273.00	411.13	273.30
CT1.1.9G	1721.81	9.95	30	273.29	273.29	X2 30	273.29	273.03	273.11	272.80	273.05	424.40	273.35
	1733.93			273.29	273.29		273.29						

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

Tableau 74 : Côtes de calages des ouvrages de prises tertiaires du CS1.2D

Canal tertiaire	P.M.	Surface irriguée	Débit	Conditions amont		Type module	PE nominal	Côte béton 1 ^{ère} phase	Côte seuil module	TN max parcelles	PE tertiaire	Longueur	Côte cavalier Canal tertiaire
				PEQ Max	PEQ0								
	m	ha	l/s	m+	m+	-	m+	m+	m+	m+	m+	m	m+
	0.00			274.45	274.26		274.31						
CT1.2.1G	15.07	6.08	20	274.45	274.26	XX2 20	274.31	274.05	274.13	273.85	274.10	415.27	274.40
CT1.2.2G	338.11	7.70	25	274.40	274.26	X2 25	274.30	274.04	274.12	273.70	273.95	383.28	274.25
CT1.2.3G	487.78	9.84	30	274.38	274.26	X2 30	274.29	274.03	274.11	273.85	274.10	387.73	274.40
CT1.2.4G	623.89	8.22	25	274.36	274.26	X2 25	274.29	274.03	274.11	273.85	274.10	385.58	274.40
CT1.2.5G	850.83	8.87	25	273.97	273.85	X2 25	273.88	273.62	273.70	273.45	273.70	398.89	274.00
CT1.2.6G	1091.27	9.56	25	273.95	273.85	X2 25	273.88	273.62	273.70	273.35	273.60	400.67	273.90
CT1.2.7G	1344.83	8.02	25	273.44	273.34	X2 25	273.37	273.11	273.19	272.90	273.15	411.19	273.45
CT1.2.8G	1556.69	6.03	20	273.18	273.18	X2 20	273.18	272.92	273.00	272.75	273.00	419.49	273.30
CT1.2.9G	1717.58	6.19	20	273.18	273.18	X2 20	273.18	272.92	273.00	272.60	272.85	415.80	273.15
	1724.05			273.18	273.18		273.18						

Tableau 75 : Côtes de calages des ouvrages de prises tertiaires du CS1.3D

Canal tertiaire	P.M.	Surface irriguée	Débit	Conditions amont		Type module	PE nominal	Côte béton 1 ^{ère} phase	Côte seuil module	TN max parcelles	PE tertiaire	Longueur	Côte cavalier Canal tertiaire
				PEQ Max	PEQ0								
	m	ha	l/s	m+	m+	-	m+	m+	m+	m+	m+	m	m+
	0.00			274.15	273.99		274.03						
CT1.3.1G	14.86	9.30	25	274.15	273.99	X2 25	274.03	273.77	273.85	273.50	273.75	374.73	274.05
CT1.3.2G	251.52	8.30	25	274.12	273.99	X2 25	274.03	273.77	273.85	273.45	273.70	339.79	274.00
CT1.3.3G	506.91	7.50	20	274.10	273.99	X2 20	274.02	273.76	273.84	273.55	273.80	353.95	274.10
CT1.3.4G	732.24	7.85	25	274.09	273.99	X2 25	274.02	273.76	273.84	273.50	273.75	359.99	274.05
CT1.3.5G	961.07	7.90	25	273.77	273.65	X2 25	273.68	273.42	273.50	273.25	273.50	375.43	273.80
CT1.3.6G	1185.42	7.11	20	273.75	273.65	X2 20	273.67	273.41	273.49	273.15	273.40	380.18	273.70
CT1.3.7G	1383.89	8.82	25	273.75	273.65	X2 25	273.67	273.41	273.49	273.10	273.35	381.74	273.65
CT1.3.8G	1899.25	8.83	25	273.00	273.00	X2 25	273.00	272.74	272.82	272.55	272.80	456.93	273.10

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

Tableau 76 : Côtes de calages des ouvrages de prises tertiaires du S/CS1.4G

Canal tertiaire	P.M.	Surface irriguée	Débit	Conditions amont		Type module	PE nominal	Côte béton 1 ^{ère} phase	Côte seuil module	TN max parcelles	PE tertiaire	Longueur	Côte cavalier Canal tertiaire
				PEQ Max	PEQ0								
-	m	ha	l/s	m+	m+	-	m+	m+	m+	m+	m+	m	m+
	0.00			273.65	273.63		273.64						
CT1.4S.1D	10.25	10.17	30	273.65	273.63	X2 30	273.64	273.38	273.46	273.20	273.45	324.26	273.75
CT1.4S.1G	10.25	7.85	25	273.65	273.63	X2 25	273.64	273.38	273.46	273.20	273.45	309.32	273.75
CT1.4S.2D	336.23	10.17	30	273.63	273.63	X2 30	273.63	273.37	273.45	273.15	273.40	307.12	273.70
CT1.4S.3L	632.46	6.94	20	273.63	273.63	X2 20	273.63	273.37	273.45	273.20	273.45	207.82	273.75

Tableau 77 : Côtes de calages des ouvrages de prises tertiaires du CS1.4D

Canal tertiaire	P.M.	Surface irriguée	Débit	Conditions amont		Type module	PE nominal	Côte béton 1 ^{ère} phase	Côte seuil module	TN max parcelles	PE CT/CS	Longueur	Côte cavalier CT/CS
				PEQ Max	PEQ0								
	m	ha	l/s	m+	m+	-	m+	m+	m+	m+	m+	m	m+
	0.00			273.97	273.76		273.81						
CT1.4.1G	150.14	7.00	20	273.95	273.76	XX2 20	273.81	273.55	273.63	273.25	273.50	355.68	273.80
CT1.4.2G	350.18	8.44	25	273.92	273.76	X2 25	273.80	273.54	273.62	273.15	273.40	424.62	273.70
S/CS1.4G	858.51	35.13	120	273.86	273.76	X2 120	273.78	273.52	273.60	273.20	273.65	632.46	273.85
CT1.4.3G	1131.19	7.02	20	273.86	273.76	X2 20	273.78	273.52	273.60	273.15	273.40	272.17	273.70
CT1.4.4G	1361.28	7.07	20	273.31	273.31	X2 20	273.31	273.05	273.13	272.90	273.15	363.39	273.45
CT1.4.5G	1549.36	9.75	30	273.31	273.31	X2 30	273.31	273.05	273.13	272.70	272.95	439.49	273.25
	1557.78			273.31	273.31		273.31						

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

Tableau 78 : Côtes de calages des ouvrages de prises tertiaires et secondaires du CP1

Canal tertiaire/CS	P.M.	Surface irriguée	Débit	Conditions amont		Type module	PE nominal	Côte béton 1 ^{ère} phase	Côte seuil module	TN max parcelles	PE tertiaire/ secondaire	Longueur	Côte cavalier Canal tertiaire
				PEQ Max	PEQ0								
-	m	ha	l/s	m+	m+	-	m+	m+	m+	m+	m+	m	m+
	0.00			274.75	274.79		274.76						
CS1.1D	110.50	73.48	230.00	274.74	274.79	XX2 230	274.76	274.36	274.48	273.95	274.50	1733.93	274.70
Ind CT1.1G	463.31	6.90	20	274.73	274.79	X2 20	274.75	274.49	274.57	273.85	274.10	491.18	274.40
CS1.2D	546.49	70.51	230	274.73	274.79	XX2 230	274.74	274.34	274.46	273.85	274.45	1724.05	274.65
Ind CT1.2G	847.04	7.36	20	274.38	274.44	X2 20	274.40	274.14	274.22	273.70	273.95	533.86	274.25
CS1.3D	983.57	65.61	200.00	274.37	274.44	XX2 200	274.39	273.99	274.11	273.55	274.15	1899.25	274.35
CS1.4D	1367.66	74.41	240.00	274.20	274.26	XX2 240	274.22	273.82	273.94	273.25	273.97	1557.78	274.17
Ind CT1.3L	1378.51	9.90	30	274.20	274.26	X2 30	274.22	273.96	274.04	273.40	273.65	291.06	273.95
	1378.51			274.20	274.26		274.22						

Tableau 79 : Côtes de calages des ouvrages de prises tertiaires et secondaires du CA

CT/CS/CP	P.M.	Surface irriguée	Débit	Conditions amont		Type module	PE nominal	Côte béton 1 ^{ère} phase	Côte seuil module	TN max parcelles	PE CT/CS/CP	Longueur	Côte cavalier Canal tertiaire
				PEQ Max	PEQ0								
-	m	ha	l/s	m+	m+	-	m+	m+	m+	m+	m+	m	m+
	0.00			275.05	275.10		275.06						
Ind CT1G	23.85	9.85	30	275.05	275.10	X2 30	275.06	274.80	274.88	273.89	274.14	260.65	274.44
Ind CT2G	283.31	9.96	30	275.05	275.10	X2 30	275.06	274.80	274.88	273.53	273.78	413.21	274.08
Ind CT3G	491.50	10.00	30	275.05	275.10	X2 30	275.06	274.80	274.88	273.47	273.72	627.02	274.02
CS1G	647.27	29.50	100	275.05	275.10	XX2 100	275.06	274.66	274.78	273.45	273.90	481.50	274.10
Ind CT4G	1499.28	8.85	25	275.04	275.10	X2 25	275.06	274.80	274.88	273.60	273.85	430.96	274.15
Ind CT5G	2024.45	9.10	25	275.04	275.10	X2 25	275.06	274.80	274.88	273.99	274.24	522.68	274.54
Ind CT6G	2314.35	8.83	25	274.55	274.60	X2 25	274.56	274.30	274.38	273.75	274.00	223.93	274.30
CS2G	2522.83	47.54	150	274.55	274.60	XX2 150	274.56	274.16	274.28	273.45	274.05	1593.08	274.25
CS3G	3281.05	49.77	160	274.55	274.60	XX2 160	274.56	274.16	274.28	273.65	274.25	886.81	274.45
Ind CT7G	3349.63	8.42	25	274.55	274.60	X2 25	274.56	274.30	274.38	274.07	274.32	541.40	274.62
Ind CT8G	3899.85	9.94	30	274.55	274.60	X2 30	274.56	274.30	274.38	273.81	274.06	333.32	274.36
Ind CT9G	4177.81	9.74	30	274.55	274.60	X2 30	274.56	274.30	274.38	273.05	273.30	495.87	273.60
	4430.69			274.55	274.60		274.56						

C. Ouvrages de franchissement : cas du dalot sur les canaux ou drains primaires

Le logiciel CYPE a donné les résultats suivant :

1. NORME ET MATÉRIAUX

- Norme: BAEL-91 (R-99) (France) ;
- Béton: B25 ;
- Acier des barres: Fe E500 ;
- Enrobage extérieur: 3.5 cm ;
- Enrobage intérieur: 3.5 cm.

2. GÉOMÉTRIE

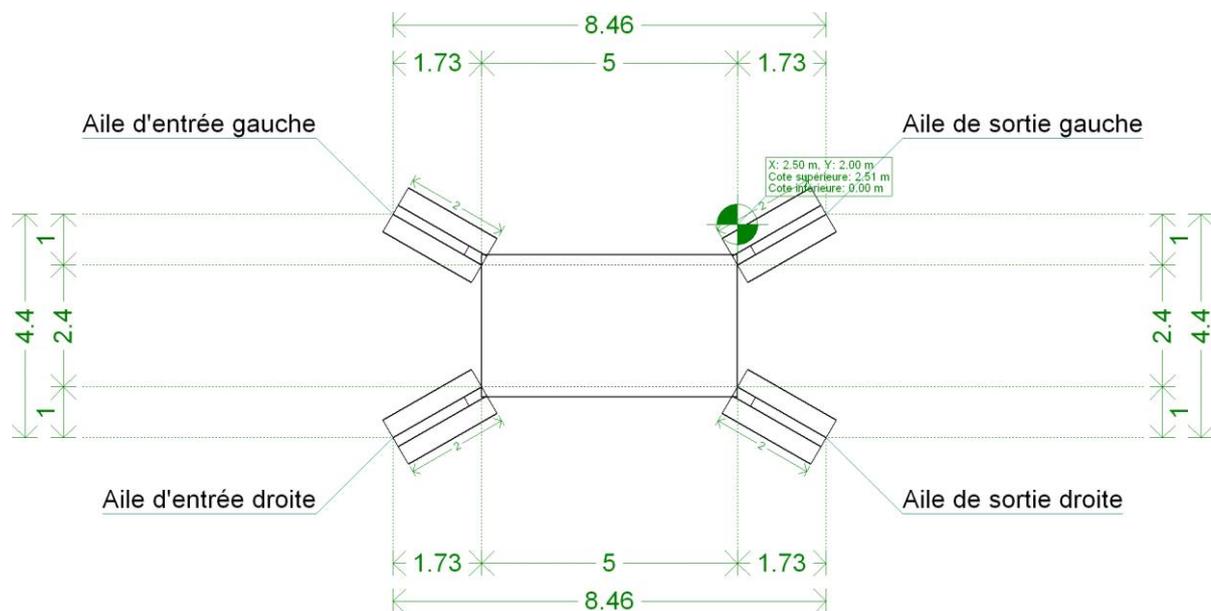


Figure 63 : Géométrie du dalot de franchissement sur canaux ou drains primaires

MODULE

Épaisseurs	Piédroits: 20 cm
	Tablier/radier: 20 cm

MUR EN AILE D'ENTRÉE GAUCHE

Longueur totale: 2.00 m
Longueur supérieure: 0.40 m
Épaisseur en extrémité: 0.20 m
Surcharge du terrain sur l'arrière: 5.00 kN/m ²
Épaisseur du mur: 0.20 m
Épaisseur de la semelle: 0.50 m
Débords semelle:
- Arrière: 0.40 m
- Avant: 0.40 m

MUR EN AILE D'ENTRÉE DROITE

Longueur totale: 2.00 m
Longueur supérieure: 0.40 m
Épaisseur en extrémité: 0.20 m
Surcharge du terrain sur l'arrière: 5.00 kN/m²
Épaisseur du mur: 0.20 m
Épaisseur de la semelle: 0.50 m
Débords semelle:
- Arrière: 0.40 m
- Avant: 0.40 m

MUR EN AILE DE SORTIE GAUCHE

Longueur totale: 2.00 m
Longueur supérieure: 0.40 m
Épaisseur en extrémité: 0.20 m
Surcharge du terrain sur l'arrière: 5.00 kN/m²
Épaisseur du mur: 0.20 m
Épaisseur de la semelle: 0.50 m
Débords semelle:
- Arrière: 0.40 m
- Avant: 0.40 m

MUR EN AILE DE SORTIE DROITE

Longueur totale: 2.00 m
Longueur supérieure: 0.40 m
Épaisseur en extrémité: 0.20 m
Surcharge du terrain sur l'arrière: 5.00 kN/m²
Épaisseur du mur: 0.20 m
Épaisseur de la semelle: 0.50 m
Débords semelle:
- Arrière: 0.40 m
- Avant: 0.40 m

3. TERRAINS

- Module de réaction: 39000.0 kN/m³ ;
- Contrainte admissible sol d'assise: 200.00 kN/m² ;
- Poids volumique: 21.0 kN/m³ ;
- Angle de frottement interne: 20 degrés ;
- Cohésion: 100.00 kN/m² ;
- Angle de transmission des charges: 45 degrés ;

4. MÉTHODE DE CALCUL

Le modèle de calcul utilisé consiste en éléments finis triangulaires du type lamelle épaisse tridimensionnelle, qui considère la déformation par l'effort tranchant. Chaque élément est constitué de six nœuds, aux sommets et aux milieux des côtés, avec six degrés de liberté chacun. Le maillage du pont-cadre est réalisé en fonction de ses dimensions (épaisseur et portée). Sur

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

chaque nœud, après une analyse élastique et linéaire, huit efforts sont obtenus, avec lesquels la section de béton et l'armature sont dimensionnées et vérifiées. A partir des déplacements sont vérifiés la flèche, les pressions sur le terrain, le soulèvement du radier, etc.

5.- DESCRIPTION DES ARMATURES

MODULE (tablier, radier et piédroits)

Tableau 80 : Armatures de la section du dalot (tablier, radier et piédroits)

Panneau	Position	Direction	Armature de base	Renfort	
Tablier	Supérieur	Longitudinal	HA10e=20, crosse=44cm		
		Transversal Perpendiculaire au piédroit droit	HA10e=25, crosse=34cm	Piédroit gauche: HA10 - Longueur=1.13 m, crosse=34 cm	Piédroit droit: HA10 - Longueur=1.13 m, crosse=34 cm
	Inférieur	Longitudinal	HA10e=25, crosse=44cm		
		Transversal Perpendiculaire au piédroit droit	HA10e=15, crosse=19cm	Renforts 1: HA10 - Cellules 1 à 1 - Longueur ini.= 0.60m - Longueur fin.= 0.60m	
Radier	Inférieur	Longitudinal	HA10e=25, crosse=44cm		
		Transversal Perpendiculaire au piédroit droit	HA10e=25, crosse=34cm	Piédroit gauche: HA10 - Longueur=1.13 m, crosse=34 cm	Piédroit droit: HA10 - Longueur=1.13 m, crosse=34 cm
	Supérieur	Longitudinal	HA10e=25, crosse=44cm		
		Transversal Perpendiculaire au piédroit droit	HA10e=20, crosse=19cm	Renforts 1: HA10 - Cellules 1 à 1 - Longueur ini.= 0.60m - Longueur fin.= 0.60m	
Piédroit gauche	Arrière	Vertical	HA10e=25, crosse=34cm - Attente=0.26 m - Longueur crosse en pied=34 cm	Renfort supérieur: HA10 - Longueur=1.12 m, crosse=34 cm Renfort inférieur: HA10 - Attente=0.26 m - Longueur crosse en pied=34 cm	

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

Panneau	Position	Direction	Armature de base	Renfort	
		Horizontal	HA10e=25, crosse=44cm		
	Avant	Vertical	HA10e=25, crosse=19cm - Attente=0.26 m - Longueur crosse en pied=19 cm		
		Horizontal	HA10e=25, crosse=44cm		
Piédroit droit	Arrière	Vertical	HA10e=25, crosse=34cm - Attente=0.26 m - Longueur crosse en pied=34 cm	Renfort supérieur: HA10 - Longueur=1.12 m, crosse=34 cm	Renfort inférieur: HA10 - Attente=0.26 m - Longueur crosse en pied=34 cm
		Horizontal	HA10e=25, crosse=44cm		
	Avant	Vertical	HA10e=25, crosse=19cm - Attente=0.26 m - Longueur crosse en pied=19 cm		
		Horizontal	HA10e=25, crosse=44cm		

MUR EN AILE D'ENTRÉE GAUCHE

Armature horizontale: HA6e=30	
Armature longitudinale inférieure: HA6e=30, crosse=10cm	
Armature verticale	Armature semelle
Armature verticale arrière: HA10e=25 - Recouvrement =0.45m - Crosse =20cm - Ancrage face supérieure =0.07m	Transversal inférieur: HA6e=30 -Longueur crosse arrière=15cm -Longueur crosse avant=15cm
Armature verticale avant: HA12e=25 - Recouvrement =0.35m - Crosse =20cm - Ancrage face supérieure =0.07m	

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

MUR EN AILE D'ENTRÉE DROITE

Armature horizontale: HA6e=30 Armature longitudinale inférieure: HA6e=30, crosse=10cm	
Armature verticale	Armature semelle
Armature verticale arrière: HA10e=25 - Recouvrement =0.45m - Crosse =20cm - Ancrage face supérieure =0.07m Armature verticale avant: HA12e=25 - Recouvrement =0.35m - Crosse =20cm - Ancrage face supérieure =0.07m	Transversal inférieur: HA6e=30 -Longueur crosse arrière=15cm -Longueur crosse avant=15cm

MUR EN AILE DE SORTIE GAUCHE

Armature horizontale: HA8e=25 Armature longitudinale inférieure: HA10e=30, crosse=10cm	
Armature verticale	Armature semelle
Armature verticale arrière: HA10e=25 - Recouvrement =0.45m - Crosse =20cm - Ancrage face supérieure =0.07m Armature verticale avant: HA12e=25 - Recouvrement =0.35m - Crosse =20cm - Ancrage face supérieure =0.07m	Transversal inférieur: HA10e=30 -Longueur crosse arrière=15cm -Longueur crosse avant=15cm

MUR EN AILE DE SORTIE DROITE

Armature horizontale: HA8e=30 Armature longitudinale inférieure: HA8e=30, crosse=10cm	
Armature verticale	Armature semelle
Armature verticale arrière: HA10e=25 - Recouvrement =0.45m - Crosse =20cm - Ancrage face supérieure =0.07m Armature verticale avant: HA12e=25 - Recouvrement =0.35m - Crosse =20cm - Ancrage face supérieure =0.07m	Transversal inférieur: HA8e=30 -Longueur crosse arrière=15cm -Longueur crosse avant=15cm

✓ **Sous-système Bc :**

Le sous-système Bc se compose de camions de poids individuel égal à 300 kN. On dispose autant de files de deux camions au maximum que de voies de circulation (**A. MESSAN, 2011**). Il est affecté d'un coefficient de pondération bc en fonction du nombre de voies chargées (n) et la classe du pont ; bc = 0.9 (n = 1) et bc = 0.8 (n = 2) pour un pont de classe III.

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

Tableau 81 : Calendrier d'irrigation

Surface parcellaire (ha) 1
 Tour d'eau (jours) 7
 Dose d'irrigation (m3/ha) 877

CA/CP1/CS	CT	S (ha)	m (l/s)	Temps/poste (h/ha)	Temps/CT (h)	Nombre de Rigoles/jour	Nombre pratique /jour	Temps réel d'irrigation (h/jour)	Jour 1		Jour 2	
									P1	P2	P2/P3	P4
CS1.G	CT1.1D	10.00	30	8	81.22	1.5	2.0	16	5h00 à 13h00	13h00 à 21h00	5h00 à 13h00	13h00 à 21h00
	CT1.2D	9.60	30	8	77.98	1.5	2.0	16	5h00 à 13h00	13h00 à 21h00	5h00 à 13h00	13h00 à 21h00
	CT1.3D	9.90	30	8	80.41	1.5	2.0	16	5h00 à 13h00	13h00 à 21h00	5h00 à 13h00	13h00 à 21h00
CS2.G	CT2.1G	9.31	25	10	90.74	1.2	1.5	15	5h00 à 15h00	15h00 à 21h00	5h00 à 9h00	9h00 à 20h00
	CT2.2G	7.40	20	12	90.16	1.0	1.0	12	5h00 à 17h00	-	5h00 à 17h00	-
	CT2.3G	6.80	20	12	82.85	1.0	1.0	12	5h00 à 17h00	-	5h00 à 17h00	-
	CT2.4G	5.72	15	16	92.92	0.7	1.0	16	5h00 à 13h00	13h00 à 21h00	5h00 à 13h00	13h00 à 21h00
	CT2.5G	5.98	20	12	72.86	1.0	1.0	12	5h00 à 17h00	-	5h00 à 17h00	-
	CT2.6G	6.51	20	12	79.32	1.0	1.0	12	5h00 à 17h00	-	5h00 à 17h00	-
	CT2.7G	5.82	20	12	70.91	1.0	1.0	12	5h00 à 17h00	-	5h00 à 17h00	-
CS3.G	CT3.1 G	9.63	30	8	78.22	1.5	2.0	16	5h00 à 13h00	13h00 à 21h00	5h00 à 13h00	13h00 à 21h00
	CT3.2G	9.05	25	10	88.21	1.2	1.5	15	5h00 à 15h00	15h00 à 21h00	5h00 à 9h00	9h00 à 20h00
	CT3.3G	9.56	25	10	93.18	1.2	1.5	15	5h00 à 15h00	15h00 à 21h00	5h00 à 9h00	9h00 à 20h00
	CT3.4G	6.54	20	12	79.68	1.0	1.0	12	5h00 à 17h00	-	5h00 à 17h00	-
	CT3.5G	6.66	20	12	81.14	1.0	1.0	12	5h00 à 17h00	-	5h00 à 17h00	-
	CT3.6G	8.33	25	10	81.19	1.2	1.5	15	5h00 à 15h00	15h00 à 21h00	5h00 à 9h00	9h00 à 20h00
CS1.1D	CT1.1.1G	5.58	15	16	90.65	0.7	1.0	16	5h00 à 13h00	13h00 à 21h00	5h00 à 13h00	13h00 à 21h00
	CT1.1.2G	8.74	25	10	85.19	1.2	1.5	15	5h00 à 15h00	15h00 à 21h00	5h00 à 9h00	9h00 à 20h00
	CT1.1.3G	8.13	25	10	79.24	1.2	1.5	15	5h00 à 15h00	15h00 à 21h00	5h00 à 9h00	9h00 à 20h00
	CT1.1.4G	8.84	25	10	86.16	1.2	1.5	15	5h00 à 15h00	15h00 à 21h00	5h00 à 9h00	9h00 à 20h00
	CT1.1.5G	9.33	25	10	90.94	1.2	1.5	15	5h00 à 15h00	15h00 à 21h00	5h00 à 9h00	9h00 à 20h00
	CT1.1.6G	7.96	25	10	77.59	1.2	1.5	15	5h00 à 15h00	15h00 à 21h00	5h00 à 9h00	9h00 à 20h00
	CT1.1.7G	5.55	15	16	90.16	0.7	1.0	16	5h00 à 13h00	13h00 à 21h00	5h00 à 13h00	13h00 à 21h00

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

	CT1.1.8G	9.40	25	10	91.62	1.2	1.5	15	5h00 à 15h00	15h00 à 21h00	5h00 à 9h00	9h00 à 20h00
	CT1.1.9G	9.95	30	8	80.82	1.5	2.0	16	5h00 à 13h00	13h00 à 21h00	5h00 à 13h00	13h00 à 21h00
CS1.2D	CT1.2.1G	6.08	20	12	74.08	1.0	1.0	12	5h00 à 17h00	-	5h00 à 17h00	-
	CT1.2.2G	7.70	25	10	75.05	1.2	1.5	15	5h00 à 15h00	15h00 à 21h00	5h00 à 9h00	9h00 à 20h00
	CT1.2.3G	9.84	30	8	79.92	1.5	2.0	16	5h00 à 13h00	13h00 à 21h00	5h00 à 13h00	13h00 à 21h00
	CT1.2.4G	8.22	25	10	80.12	1.2	1.5	15	5h00 à 15h00	15h00 à 21h00	5h00 à 9h00	9h00 à 20h00
	CT1.2.5G	8.87	25	10	86.45	1.2	1.5	15	5h00 à 15h00	15h00 à 21h00	5h00 à 9h00	9h00 à 20h00
	CT1.2.6G	9.56	25	10	93.18	1.2	1.5	15	5h00 à 15h00	15h00 à 21h00	5h00 à 9h00	9h00 à 20h00
	CT1.2.7G	8.02	25	10	78.17	1.2	1.5	15	5h00 à 15h00	15h00 à 21h00	5h00 à 9h00	9h00 à 20h00
	CT1.2.8G	6.03	20	12	73.47	1.0	1.0	12	5h00 à 17h00	-	5h00 à 17h00	-
	CT1.2.9G	6.19	20	12	75.42	1.0	1.0	12	5h00 à 17h00	-	5h00 à 17h00	-
CS1.3D	CT1.3.1G	9.30	25	10	90.65	1.2	1.5	15	5h00 à 15h00	15h00 à 21h00	5h00 à 9h00	9h00 à 20h00
	CT1.3.2G	8.30	25	10	80.90	1.2	1.5	15	5h00 à 15h00	15h00 à 21h00	5h00 à 9h00	9h00 à 20h00
	CT1.3.3G	7.50	20	12	91.38	1.0	1.0	12	5h00 à 17h00	-	5h00 à 17h00	-
	CT1.3.4G	7.85	25	10	76.51	1.2	1.5	15	5h00 à 15h00	15h00 à 21h00	5h00 à 9h00	9h00 à 20h00
	CT1.3.5G	7.90	25	10	77.00	1.2	1.5	15	5h00 à 15h00	15h00 à 21h00	5h00 à 9h00	9h00 à 20h00
	CT1.3.6G	7.11	20	12	86.63	1.0	1.0	12	5h00 à 17h00	-	5h00 à 17h00	-
	CT1.3.7G	8.82	25	10	85.97	1.2	1.5	15	5h00 à 15h00	15h00 à 21h00	5h00 à 9h00	9h00 à 20h00
	CT1.3.8G	8.83	25	10	86.07	1.2	1.5	15	5h00 à 15h00	15h00 à 21h00	5h00 à 9h00	9h00 à 20h00
S/CS1.4D	CT1.4S.1D	10.17	30	8	82.60	1.5	2.0	16	5h00 à 13h00	-	5h00 à 13h00	-
	CT1.4S.1G	7.85	25	10	76.51	1.2	1.5	15	5h00 à 15h00	15h00 à 21h00	5h00 à 9h00	9h00 à 20h00
	CT1.4S.2D	10.17	30	8	82.60	1.5	2.0	16	5h00 à 13h00	-	5h00 à 13h00	-
	CT1.4S.3L	6.94	20	12	84.55	1.0	1.0	12	5h00 à 17h00	-	5h00 à 17h00	-
CS1.4D	CT1.4.1G	7.00	20	12	85.29	1.0	1.0	12	5h00 à 17h00	-	5h00 à 17h00	-
	CT1.4.2G	8.44	25	10	82.26	1.2	1.5	15	5h00 à 15h00	15h00 à 21h00	5h00 à 9h00	9h00 à 20h00
	CT1.4.3G	7.02	20	12	85.53	1.0	1.0	12	5h00 à 17h00	-	5h00 à 17h00	-
	CT1.4.4G	7.07	20	12	86.14	1.0	1.0	12	5h00 à 17h00	-	5h00 à 17h00	-
	CT1.4.5G	9.75	30	8	79.19	1.5	2.0	16	5h00 à 13h00	13h00 à 21h00	5h00 à 13h00	13h00 à 21h00
CP1	Ind CT1.1G	6.90	20	12	84.07	1.0	1.0	12	5h00 à 17h00	-	5h00 à 17h00	-
	Ind CT1.2G	7.36	20	12	89.67	1.0	1.0	12	5h00 à 17h00	-	5h00 à 17h00	-
	Ind CT1.3L	9.90	30	8	80.41	1.5	2.0	16	5h00 à 13h00	13h00 à 21h00	5h00 à 13h00	13h00 à 21h00
CA	Ind CT1G	9.85	30	8	80.01	1.5	2.0	16	5h00 à 13h00	13h00 à 21h00	5h00 à 13h00	13h00 à 21h00
	Ind CT2G	9.96	30	8	80.90	1.5	2.0	16	5h00 à 13h00	13h00 à 21h00	5h00 à 13h00	13h00 à 21h00
	Ind CT3G	10.00	30	8	81.22	1.5	2.0	16	5h00 à 13h00	13h00 à 21h00	5h00 à 13h00	13h00 à 21h00

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

Ind CT4G	8.85	25	10	86.26	1.2	1.5	15	5h00 à 15h00	15h00 à 21h00	5h00 à 9h00	9h00 à 20h00
Ind CT5G	9.10	25	10	88.70	1.2	1.5	15	5h00 à 15h00	15h00 à 21h00	5h00 à 9h00	9h00 à 20h00
Ind CT6G	8.83	25	10	86.07	1.2	1.5	15	5h00 à 15h00	15h00 à 21h00	5h00 à 9h00	9h00 à 20h00
Ind CT7G	8.42	25	10	82.07	1.2	1.5	15	5h00 à 15h00	15h00 à 21h00	5h00 à 9h00	9h00 à 20h00
Ind CT8G	9.94	30	8	80.74	1.5	2.0	16	5h00 à 13h00	13h00 à 21h00	5h00 à 13h00	13h00 à 21h00
Ind CT9G	9.74	30	8	79.11	1.5	2.0	16	5h00 à 13h00	13h00 à 21h00	5h00 à 13h00	13h00 à 21h00

Les irrigations sont conduites de la façon ci-dessus, pour les autres jours du tour d'eau. Pour le cas où la main d'eau est de 25 l/s, le temps d'irrigation est de 15 heures, ce qui permet la faisabilité d'une rigole et demie (jour 1 : on termine une rigole et on utilise le reste du temps pour la rigole suivante ; jour 2 : on complète cette rigole avant de commencer une autre ; et ainsi de suite pour boucler le tour).

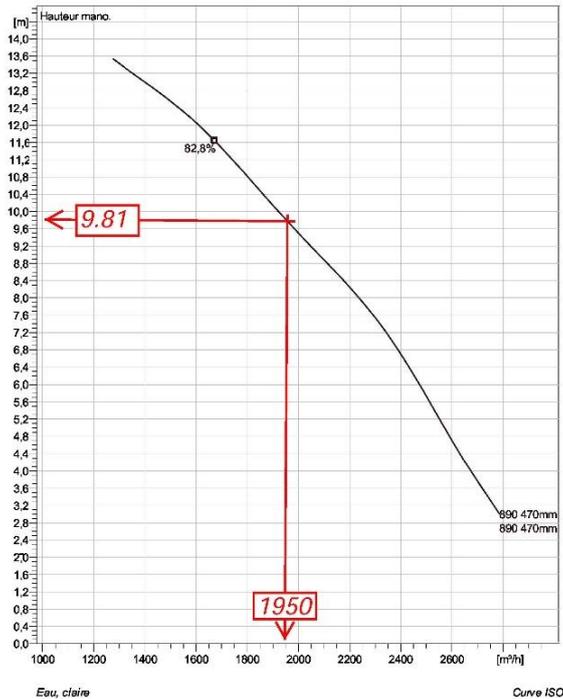
L'irrigation est faite 6 jours/ 7 et le dernier jour du tour d'eau servira à l'entretien de la station et du réseau.

VII. Station de pompage

❖ Catalogue des pompes

xylem

LL 3400/705 3~ 890 Spécifications techniques



L'image peut ne pas correspondre à la configuration choisie.

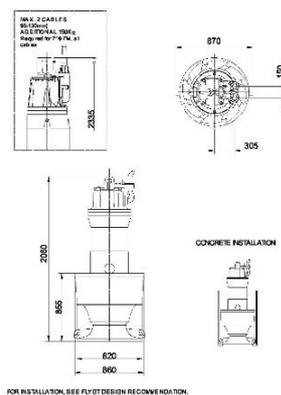
General
Pompe submersible à volute ouverte et aubes directrices. munie de roue centrifuge fermée, multicanaux, à large section de passage, pour le pompage de liquides chargés pouvant contenir des solides.

Roue	
Matériau de la roue	Fonte grise
ColDia	900 mm
Diamètre d'aspiration	470 mm
Nombre de canaux	3
Throughlet diameter	105 mm

Moteur	
Moteur #	L0705.000 43-30-8AA-W 90KW Standard
Variante stator	1
Fréquence	50 Hz
Tension nominale	400 V
Nombre de pôles	8
Phases	3~
Puissance nominale	90 kW
Intensité nominale	182 A
Intensité de démarrage	775 A
Vitesse nominale	730 rpm
Facteur de puissance	
1/1 de charge	0,79
3/4 de charge	0,76
1/2 de charge	0,67
Rendement moteur	
1/1 de charge	89,5 %
3/4 de charge	90,5 %
1/2 de charge	90,0 %

Configuration

Installation: L - Installation immergée en tube



Dimensional drawing
LL 3400/705/890/1950

Projet	N° du projet	Créé par	Créé le	Mise à jour
			4/16/2018	

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.



LL 3400/705 3~ 890

Courbe

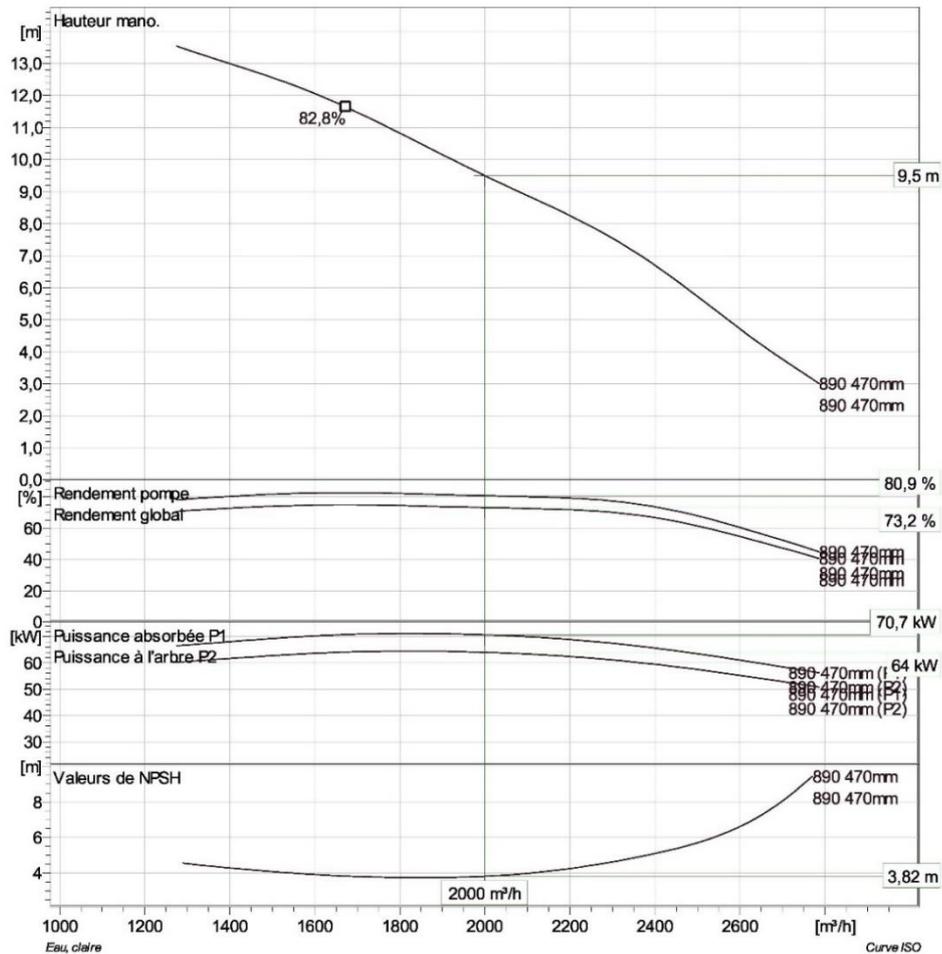
Pompe

ColDia	900 mm
Diamètre d'aspiration	470 mm
Impeller diameter	3
Nombres de canaux	105 mm
Throughlet diameter	

Motor

Motor #	L0705.000 43-30-8AA-W 90KW
Variante stator	1
Fréquence	50 Hz
Rated voltage	400 V
Nombre de pôles	8
Phases	3~
Puissance nominale	90 kW
Intensité nominale	182 A
Intensité de démarrage	775 A
Vitesse nominale	730 rpm

Facteur de puissance	1/1 de charge 0,79
	3/4 de charge 0,76
	1/2 de charge 0,67
Rendement moteur	1/1 de charge 89,5 %
	3/4 de charge 90,5 %
	1/2 de charge 90,0 %



Duty point		Garantie
Flow	Head	
2000 m³/h	9,5 m	No

Projet	N° du projet	Créé par	Créé le 4/16/2018	Mise à jour
--------	--------------	----------	----------------------	-------------

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

❖ Dimensionnement du transformateur électrique et du groupe électrogène de secours

Tableau 82 : Caractéristiques requises du transformateur électrique

Pompes	Puissance pompe mécanique kw	rendement	Facteur de puissance	Puissance absorbée en Kw	Puissance apparente en Kva
P1	63.57	82%	86%	73.92	112.68
P2	63.57	82%	86%	73.92	112.68
P3	63.57	82%	86%	73.92	112.68
P4	63.57	82%	86%	73.92	112.68
Total					450.721
Réserve 15%					67.608
Puissance minimale à installer					518.330
Conclusion : Il faut un transfo de 520 Kva au minimum					

Tableau 83 : Caractéristiques requises du groupe électrogène de secours

Régime permanent			
Puissance absorbée (kW)		155.05	
Puissance réactive (kVAr)		116.29	
Puissance apparente (kVA)		193.81	
Choix du groupe électrogène selon la norme iso 3046-1 2002			
moteur diesel 4 temps, ref D			
a		-	
m		0.70	
n		1.20	
s		1.00	
puissance ref iso			
k		0.92	
alpha		0.91	
beta		1.01	
Puissance ref iso pr (kW)		169.82	
Puissance standard de test			
k		1.07	
alpha		1.07	
Puissance standard de test py		182.29	
Puissance apparente (kVA)		227.86	
groupe électrogène retenu			
Fabricant		<i>CATERPILLAR</i>	
Ref		<i>GEP200, avec capot insonorisé</i>	
Puissance secours (kVA)		250.00	
Puissance permanent (kVA)		230.00	
Tension nominale (V)		400.00	
Fréquence (Hz)		50.00	
capacité du réservoir (litres)		550.00	
consommation (litres/h)		42.60	
consommation de fuel sur le site			
consommation (litres/h)		43.05	
Heures pour réservoir plein		12.78	
réservoir de stockage fuel (m ³)		3	

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

ANNEXE 4 : COMPTE D'EXPLOITATION DES CULTURES

Tableau 84: Compte d'exploitation du riz hivernage

Rubriques	Unité	Quantité	PU milliers FCFA	Montants milliers FCFA
Production	tonne	5	175	875
Charges de production				
Semences	kg	20	0,325	6,500
Fumure organique	tonne	1	75,000	75,000
Fumure minérale	sacs	6	11,000	66,000
Main-d'œuvre	h/j	180	2,000	360,000
Redevance	ha	1	120,942	120,942
Total charges de production (milliers de FCFA/ha)				628,442
<i>Marges d'exploitation (milliers FCFA/ha)</i>				246,558
<i>Coûts de production (milliers de FCFA/tonne)</i>				125,688

Tableau 85 : Compte d'exploitation du riz de contre saison

Rubriques	Unité	Quantité	PU milliers FCFA	Montants milliers FCFA
Production	tonne	5,5	175	962,50
Charges de production				
Semences	kg	20	0,325	6,50
Fumure organique	tonne	1	75,000	75,00
Fumure minérale	sacs	6	11,000	66,00
Main-d'œuvre	h/j	180	2,000	360,00
Redevance	ha	1	151,282	151,28
Total charges de production (milliers de FCFA/ha)				658,78
<i>Marges d'exploitation (milliers FCFA/ha)</i>				303,72
<i>Coûts de production (milliers de FCFA/tonne)</i>				119,78

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

Tableau 86 : Compte d'exploitation du sorgho d'hivernage

Désignation	Unité	Quantité	PU milliers FCFA	Valeur milliers FCFA
Valeur de la production	tonne	1,400	155,00	217
Charges variables				
Semences	kg	5	0,15	0,75
Fumure organique	kg	2 000	0,02	30,00
Harponne star	l	5	0,88	4,38
Sacherie	sac	12	0,25	3,00
Ficelle	sac	12	0,01	0,12
<i>Sous total charges variables</i>				<i>38,25</i>
Main d'œuvre	h/j	25	2,00	50,00
<i>Sous Total frais de personnel</i>				<i>50,00</i>
Opérations mécanisées				
Entretien attelage	nbre	1	1,36	1,36
Battage	kg	123	0,15	18,94
<i>Sous Total opérations mécanisées</i>				<i>20,30</i>
Autres charges				
Redevance eau	ha	1	31,63	31,63
<i>Sous Total autres charges</i>				<i>31,63</i>
Total charges				138,82
Marge d'exploitation				78,18
<i>Coûts de production (milliers de FCFA/Tonne)</i>				<i>99,15</i>

Tableau 87 : Compte d'exploitation du sorgho de contre saison

Désignation	Unité	Quantité	PU milliers FCFA	Valeur milliers FCFA
Valeur de la production	tonne	1,500	155,00	233
Charges variables				
Semences	kg	5	0,15	0,75
Fumure organique	kg	2 000	0,02	30,00
Harponne star	l	5	0,88	4,38
Sacherie	sac	12	0,25	3,00
Ficelle	sac	12	0,01	0,12
<i>Sous total charges variables</i>				<i>38,25</i>
Main d'œuvre	h/j	25	2,00	50,00
<i>Sous Total frais de personnel</i>				<i>50,00</i>
Opérations mécanisées				
Entretien attelage	nbre	1	1,36	1,36
Battage	kg	123	0,15	18,94
<i>Sous Total opérations mécanisées</i>				<i>20,30</i>
Autres charges				
Redevance eau	ha	1	39,84	39,84
<i>Sous Total autres charges</i>				<i>39,84</i>
Total charges				147,02
Marge d'exploitation				85,48
<i>Coûts de production (milliers de FCFA/Tonne)</i>				<i>98,02</i>

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

Tableau 88 : Compte d'exploitation du maïs d'hivernage

Désignation	Unité	Quantité	PU milliers FCFA	Valeur milliers FCFA
Valeur de la production	tonne	4,500	125,00	562,500
Charges variables				
Labour	ha	1	25,00	25,000
Semences	kg	20	2,00	40,000
Fumure organique	kg	3 000	0,02	45,000
NPK	sac	4	11,90	47,600
Urée	sac	2	11,90	23,800
Herbicides	l	2	5,50	11,000
<i>Sous total charges variables</i>				<i>167,400</i>
Main d'œuvre familiale	h/j	30	2,00	60,000
Main d'œuvre récolte	h/j	13	2,00	26,000
<i>Sous Total main d'œuvre</i>				<i>86,000</i>
Autres charges				
Redevance eau	ha	1	94,89	94,885
Emballage	sac	40	0,25	10,000
<i>Sous Total autres charges</i>				<i>104,885</i>
Total charges				358,285
Marge d'exploitation				204,215
<i>Coûts de production (milliers de FCFA/Tonne)</i>				<i>79,619</i>

Tableau 89: Compte d'exploitation du maïs contre saison

Désignation	Unité	Quantité	PU milliers FCFA	Valeur milliers FCFA
Valeur de la production	tonne	4,000	125,00	500,000
Charges variables				
Labour	ha	1	25,00	25,000
Semences	kg	20	2,00	40,000
Fumure organique	kg	3 000	0,02	45,000
NPK	sac	4	11,90	47,600
Urée	sac	2	11,90	23,800
Herbicides	l	2	5,50	11,000
<i>Sous total charges variables</i>				<i>167,400</i>
Main d'œuvre familiale	h/j	30	2,00	60,000
Main d'œuvre récolte	h/j	13	2,00	26,000
<i>Sous Total main d'œuvre</i>				<i>86,000</i>
Autres charges				
Redevance eau	ha	1	119,51	119,514
Emballage	sac	40	0,25	10,000
<i>Sous Total autres charges</i>				<i>129,514</i>
Total charges				382,914
Marge d'exploitation				117,086
<i>Coûts de production (milliers de FCFA/Tonne)</i>				<i>95,728</i>

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

Tableau 90 : Compte d'exploitation du piment

Rubriques	Unité	Quantité	PU milliers FCFA	Montants milliers FCFA
Production	tonne	12	150	1 800,000
Charges de production				
Semences	kg	5	2,000	10,000
Fumure organique	tonne	1	75,000	75,000
Fumure minérale	kg	200	0,220	44,000
Main-d'œuvre	h/j	180	2,000	360,000
Redevance	ha	1	119,514	119,514
Total charges de production (milliers de FCFA/ha)				608,514
<i>Marges d'exploitation (milliers FCFA/ha)</i>				<i>1 191,486</i>
<i>Coûts de production (milliers de FCFA/tonne)</i>				<i>50,709</i>

Tableau 91 : Compte d'exploitation de l'oignon

Rubriques	Unité	Quantité	PU milliers FCFA	Montants milliers FCFA
Production	tonne	25	175	4 375,000
Charges de production				
Semences	kg	4	40,000	160,000
Fumure organique	tonne	3	114,000	342,000
Fumure minérale	kg	650	0,350	227,500
Main-d'œuvre	h/j	500	2,000	1 000,000
Redevance	ha	1	119,514	119,514
Total charges de production (milliers de FCFA/ha)				1 849,014
<i>Marges d'exploitation (milliers FCFA/ha)</i>				<i>2 525,986</i>
<i>Coûts de production (milliers de FCFA/tonne)</i>				<i>73,961</i>

Tableau 92 : Compte d'exploitation de la Tomate

Rubriques	Unité	Quantité	PU milliers FCFA	Montants milliers FCFA
Production	tonne	25	75	1 875,000
Charges de production				
Semences	sachet	15	1,000	15,000
Fumure organique	tonne	3	114,000	342,000
Fumure minérale	tonne	0,3	350,000	105,000
Pesticides	litre	5	6,000	30,000
Main-d'œuvre	h/j	500	2,000	1 000,000
Redevance	ha	1	119,514	119,514
Total charges de production (milliers de FCFA/ha)				1 611,514
<i>Marges d'exploitation (milliers FCFA/ha)</i>				<i>263,486</i>
<i>Coûts de production (milliers de FCFA/tonne)</i>				<i>64,461</i>

ANNEXE 5 : PLAN DE GESTION ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL

Le périmètre de Tiekelesso partagera directement la même ressource que celle alimentant le périmètre existant. Il existera donc des impacts interactifs surtout en termes de disponibilité en eau entre ces différents aménagements partageant la même ressource.

Les impacts potentiels du périmètre sont synthétisés dans le tableau suivant :

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

Tableau 93: Bilan des impacts et des mesures environnementales et sociales

Composante affectée	Période	Composante du projet	Description de l'impact	Mesures préconisées
Air	Travaux et exploitation	Périmètre irrigué Infrastructures annexes	<p>Pollution de l'air par les poussières et fumées générées par :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Les travaux sur les chantiers, les zones d'emprunt et la circulation sur les pistes d'accès ; - Les travaux de préparation de terrain pour les cultures ; - Les fumées de la centrale thermique et des machines agricoles. 	<ul style="list-style-type: none"> - Arroser les pistes d'accès et les sites de chantiers et régler correctement les moteurs des engins ; - Régler correctement les moteurs des engins pour améliorer la combustion du carburant ; - Application stricte de la disposition de limitation de vitesses sur les chantiers, et à la traversée des agglomérations. - Aménager les espaces verts et réaliser les reboisements prévus.
Sols	Travaux et exploitation	Périmètre irrigué Infrastructures annexes	<ul style="list-style-type: none"> - Tassement du sol par le passage des engins et véhicules du chantier lors des travaux ; - Destruction du sol dans les zones d'emprunt et les carrières ; - Risques de pollution des sols par les déchets liquides et solides des chantiers ; - Risque de ruissellement érosif et de lessivage (entraînement en profondeur des sels solubles nitrates, ...) lié aux apports d'eau excessifs ; - Risque d'engorgement des sols ; - Risque de salinisation liée à la remontée de la nappe ; - Risque d'appauvrissement des sols par surexploitation et utilisation abusive des engrais ; - Amélioration de l'infiltration des eaux pluviales ; - Risques de pollution des sols par les déchets liquides et solides issus des travaux de construction et du fonctionnement des usines, des étales et de la centrale thermique. 	<ul style="list-style-type: none"> - Remettre en état les zones d'emprunt et de carrières ou les reconvertir en mares pour la pisciculture et l'abreuvement du bétail ; - Récouter les huiles usées et les déchets solides pour élimination par des méthodes appropriées (incinération contrôlée ou recyclage) ; - Protéger le sol contre l'érosion au droit des ouvrages de franchissement. Entretenir les infrastructures du projet pour pérenniser les impacts positifs. Valoriser le fumier des étales et les pailles de riz comme fumure organique à travers le compostage ; - Éviter l'utilisation abusive des engrais et des pesticides ; - Respecter les doses d'irrigation pour éviter le gaspillage d'eau, le ruissellement érosif et le lessivage ; - Traiter les eaux usées des usines, de la centrale thermique et des cités avant leur évacuation dans la nature.

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

Eaux de surface	Travaux et exploitation	Périmètre irrigué Infrastructures annexes	<ul style="list-style-type: none"> - Baisse de la qualité des eaux de surface au droit des sites de prélèvement (turbidité, altération des propriétés physico-chimiques) ; - Risque de pollution des eaux par les déchets solides et liquides des chantiers ; - Perturbation du régime hydrologique du fleuve Bani. - Risque de pollution par les pesticides, les engrais et les hydrocarbures ; - Risque d'eutrophisation des plans d'eau ; - Présence permanente de l'eau dans le canal principal ; - Risque de pollution par l'exploitation éventuelle de sable dans les cours d'eau ; - Risque de pollution par les déchets solides et liquides issus des travaux de construction ; - Risque de pollution par les déchets liquides des usines, des étables, de la centrale thermique et des cités. 	<ul style="list-style-type: none"> - Récouter les huiles usées et les déchets solides pour élimination par des méthodes appropriées (incinération contrôlée ou recyclage) ; - Réparer les systèmes hydrauliques et pompes d'eau défectueux des engins. Veiller à la propreté des chantiers et des installations ; - Respecter les normes de rejet des eaux usées dans les eaux de surface ; - Utiliser rationnellement les engrais et les pesticides ; - Entretenir périodiquement les ouvrages et infrastructures pour pérenniser les impacts positifs.
Eaux souterraines	Travaux et exploitation	Périmètre irrigué Infrastructures annexes	<ul style="list-style-type: none"> - Risques de pollution par infiltration des eaux de surface souillées et de pollution directe par lixiviation des pesticides et des engrais; - Risque de pollution à travers le développement anarchique de puits traditionnels dans la cité ouvrière; - Perturbation du régime hydrogéologique local par la réalisation et l'exploitation des forages. - Recharge de la nappe phréatique. 	<ul style="list-style-type: none"> - Récouter les huiles usées et les déchets solides pour élimination par des méthodes appropriées (incinération contrôlée ou recyclage). Réparer les systèmes hydrauliques et pompes d'eau défectueux des engins ; - Veiller à la propreté des chantiers et des installations. - Respecter les normes de rejet des eaux usées dans les eaux de surface ; - Planter des bornes fontaines à la cité ouvrière pour circonscrire la prolifération des puits traditionnels ; - Suivre l'évolution de la qualité de l'eau souterraine ;

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

				<ul style="list-style-type: none"> - Entretenir périodiquement les ouvrages et infrastructures pour pérenniser les impacts positifs.
Végétation	Travaux et exploitation	Périmètre irrigué Infrastructures annexes	<ul style="list-style-type: none"> - Destruction de la végétation dans l'emprise du périmètre, des cités et des emprunts ; - Risque de perte d'espèces végétales protégées et/ou menacées de disparition; - Remplacement des espèces végétales existantes dans l'emprise et le voisinage du périmètre par des espèces adaptées aux zones humides ; - Forte pression sur les ressources ligneuses en phase d'exploitation 	<ul style="list-style-type: none"> - Préserver autant que faire se peut les grands arbres ; - Aménager les espaces verts et réaliser les reboisements prévus Reboiser l'équivalent de 1% de la superficie totale du site avec des essences à croissance rapide ; - Reboiser les sites d'emprunts et de carrières après remise en état physique ; - Embellir la base vie par la plantation d'essences ornementales; - Restreindre l'abattage des arbres au minimum essentiel.
Faune	Travaux et exploitation	Périmètre irrigué Infrastructures annexes	<ul style="list-style-type: none"> - Perte/réduction d'habitat faunique et de la faune; - Perturbation de la quiétude des animaux par les bruits des chantiers et des cités; Risque d'intoxication de la faune par mauvaise manipulation des pesticides (pollution d'eau ou des pâturages) ; - Risque de perte d'espèces animales protégées et/ou menacées d'extinction; Diversification des espèces d'oiseaux présentes dans la zone; - Disparition des espèces strictement sauvages ; - Apparition des espèces commensales de l'homme dans les cités; - Forte pression sur la faune sauvage en phase d'exploitation; - Disponibilité de l'eau en saison sèche pour la 	<ul style="list-style-type: none"> - Installer des panneaux de signalisation des passages d'animaux sauvages ; - Intensifier la lutte anti-braconnage ; - Réaliser des ouvrages de franchissement des canaux principaux par les animaux ; - Éviter toute pollution de pâturage et d'eau de surface ; - Éviter toute émission de bruit non indispensable. ; - Entretenir périodiquement les ouvrages et infrastructures pour pérenniser les impacts positifs.

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

			faune.	
Paysage	Travaux et exploitation	Périmètre irrigué Infrastructures annexes	<ul style="list-style-type: none"> - Impacts visuels dus à la présence des engins pendant les travaux et à la déforestation des zones d'emprunt et de l'emprise des infrastructures et l'aspect dénudé des sites aménagés; - Amélioration de l'aspect visuel du paysage lorsque les périmètres sont en culture. 	<ul style="list-style-type: none"> - Reboiser l'intérieur et le pourtour des cités ; - Reboiser les zones d'emprunt. ; - Mettre continuellement en valeur le périmètre aménagé pour minimiser l'impact de son aspect dénudé.
Santé, sécurité	Travaux et exploitation	Périmètre irrigué Infrastructures annexes	<ul style="list-style-type: none"> - Maladies et nuisances liées au bruit, à la poussière et aux fumées ; - Risques d'accidents pendant les travaux ; - Risque de noyade des enfants dans les canaux principaux ; - Risque de propagation des IST et du SIDA lié au brassage des populations ; - Risque de prolifération des maladies hydriques liées aux stagnations d'eau dans les casiers et aux baignades dans les canaux principaux ; - Risque d'accidents avec les animaux dans les étables ; - Risque d'intoxication avec les produits phytosanitaires ; - Risques d'intoxication humaine liés aux contaminations accidentelles des fruits et légumes au champ et à l'usine. 	<ul style="list-style-type: none"> - Mettre en œuvre les mesures d'atténuation de la pollution de l'air ; - Mise en place de balises et panneaux de signalisation sur les pistes d'accès et à l'intérieur des chantiers pour limiter les accidents de la circulation ; - Doter les ouvriers d'Equipements de Protection Individuelle (EPI) adéquats à leurs tâches respectives (chaussures de sécurité, gants, chapeaux, masques anti poussières et antibruit etc.) ; - Assurer les visites médicales périodiques des ouvriers. - Organiser des campagnes de sensibilisation sur les IST et le SIDA ; - Installer une infirmerie fonctionnelle à la base vie pendant les travaux et à la cité en phase d'exploitation - Distribuer gratuitement les préservatifs ; - Interdire les travaux de nuit ; - Construire des latrines dans le périmètre ; - Équiper les récolteuses de fruits et légumes et les ouvriers des usines en matériel d'hygiène et de sécurité (gants, casques, ...) ;

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

				<ul style="list-style-type: none"> - Disposer en permanence de l'eau chlorée pour le lavage des mains et des outils et ustensiles entrant en contact avec les fruits et légumes.
Emploi et revenus	Travaux et exploitation	Périmètre irrigué Infrastructures annexes	<ul style="list-style-type: none"> - Création d'emplois salariés en phases des travaux et d'exploitation - Opportunités d'affaires et augmentation du revenu pour les entreprises locales - Augmentation du revenu des restauratrices et des petits commerçants. 	<ul style="list-style-type: none"> - Employer prioritairement la main d'œuvre locale ; - Privilégier les entreprises locales dans le recrutement des tâcherons et sous-traitants ; - Respecter l'équité homme/femme dans le recrutement.
Agriculture, élevage et pêche	Exploitation	Périmètre irrigué Infrastructures annexes	<ul style="list-style-type: none"> - Perte de terre de culture et de pâturages dans l'emprise du périmètre, des emprunts et des cités ; - Augmentation et diversification de la production agricole ; - Rétention de la main d'œuvre agricole dans les villages environnants ; - Risque d'intoxication des animaux par mauvaise manipulation des pesticides (pollution d'eau ou de pâturage) ; - Amélioration des conditions d'abreuvement du bétail. - Disponibilité des résidus agricoles plus appétibles (pailles de riz) en contre saison ; - Amélioration de la production animale nationale. - Amélioration de la santé animale ; - Meilleure valorisation de la production végétale à travers la transformation dans les usines. 	<ul style="list-style-type: none"> - Reconvertir les emprunts en mares pour l'abreuvement du bétail et la pisciculture ; - Éviter toute pollution de l'eau et des pâturages par les pesticides ; - Entretien périodiquement les ouvrages et infrastructures pour pérenniser les impacts positifs.

Source : Etude San ouest 2018

ANNEXE 6 : MODE DE REALISATION DES TRAVAUX

I. Réseau d'irrigation

- **Réseau primaire :** Tête morte (TM), canal adducteur (CA) et le canal primaire (CP1)

Terrassement

L'entreprise procédera à la :

- confection de la plate-forme (digue) pour l'ensemble des canaux;
- confection de la cunette des canaux;
- confection des cavaliers rives droite et gauche avec une largeur en crête de 2 m pour la TM et le CA, et de 1 m pour le CP1 ;
- confection d'une piste principale de circulation de 5 m de large, située au pied du cavalier des canaux (rive gauche pour le CA et rive droite pour le CP1).

Ouvrages à construire

L'entreprise confectionnera tous les ouvrages sur le réseau d'irrigation en fonction des caractéristiques précisées dans les notes de calcul.

Dispositions constructives

Avant de procéder aux opérations de confection de la plateforme et de la piste, les emprises du canal adducteur seront débroussaillées et décapées sur une épaisseur de 10 cm. La plateforme sera réalisée en matériaux provenant des zones d'emprunts et compactée à 95 % OPN. La largeur en crête des cavaliers du canal adducteur est de 2 m. Le revêtement (ép. 10 cm) sera en béton légèrement armé (40 kg de fer par m³) dosé à 350 kg/m³. Les matériaux excavés pour la confection de la cunette seront utilisés pour la confection d'une piste principale d'accès en rive gauche du canal adducteur compactée à l'OPN et d'une épaisseur moyenne de 30 cm, large de 5m et couronnée par une couche de latérite de 20 cm.

- **Réseau secondaire**

La procédure est identique à celle du réseau primaire avec une largeur en crête de 1 m et sans piste latérale le long des canaux.

- **Réseau tertiaire :**

Les travaux concernent la réalisation de 63 canaux tertiaires.

- Confection de la plate-forme (digue);
- Confection de la cunette des canaux tertiaires ;
- Confection des cavaliers en rives droite et gauche avec pistes d'accès pour piétons de 0,70 m de large en crête.

Dispositions constructives

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

Les emprises des canaux tertiaires seront débroussaillées et décapées sur une épaisseur de 10 cm. Un remblai sera d'abord réalisé, en matériaux en provenance d'emprunt, et compacté à 95 % de l'OPN ; les matériaux excavés pour la confection de la cunette seront utilisés pour la réalisation des pistes tertiaires le long des drains tertiaires.

II. Réseau de drainage

➤ Réseau primaire : Drain collecteur DC et drain primaire DP1

L'entreprise confectionnera la cunette des drains principaux ainsi que la piste latérale en rive le long de ces drains.

Terrassement

- Confection de la cunette des drains principaux;
- Confection d'une piste de 5 m de large en rive droite pour le DC et en rive gauche pour le DP1.

Ouvrages à construire

L'entreprise exécutera les débouchés des drains principaux en se référant aux résultats présentés dans les notes de calculs.

Dispositions constructives

Avant les opérations de creusement des drains et de confection de la piste, l'emprise des infrastructures sera débroussaillée et décapée sur une épaisseur de 10 cm. Les matériaux utilisés pour la confection de la piste latérale proviendront autant que possible du creusement de la cunette s'ils sont conformes aux qualités requises.

Ces matériaux seront disposés et régalez latéralement en remblai compacté à l'OPN. La largeur de la piste est de 4 m de largeur et couronnée par une couche de latérite de 20 cm.

➤ Réseau secondaire de drainage

Les travaux concernent la réalisation de 8 drains secondaires

Terrassement

- Confection de la cunette des drains secondaires ;
- Confection de pistes latérales de 4 m de largeur le long de ces drains.

Ouvrages à construire

Les ouvrages à construire sont ceux précisés dans les notes de calculs.

Dispositions constructives

Avant les opérations de creusement des drains secondaires et de confection des pistes, l'emprise des infrastructures sera débroussaillée et décapée sur une épaisseur de 10. Les matériaux utilisés pour la confection des pistes latérales proviendront autant que possible du creusement de la cunette s'ils sont conformes aux qualités requises.

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

Ces matériaux seront disposés et régalez latéralement en remblai de piste compacté à l'OPN de 4 m de largeur et destiné à la desserte du périmètre. Elles seront couronnées par une couche de latérite de 20 cm.

➤ Réseau tertiaire de drainage

Les travaux concernent la réalisation de 62 drains tertiaires.

Terrassement

- Confection de la cunette des drains tertiaires ;
- Confection de pistes tertiaires de 3 m de largeur.

Ouvrages à construire

Les ouvrages à construire sont ceux précisés dans les notes de calculs.

Dispositions constructives

Avant les opérations de creusement des drains tertiaires et de confection des pistes, l'emprise des infrastructures sera débroussaillée et décapée sur une épaisseur de 10cm. Les matériaux utilisés pour la confection des pistes tertiaires proviendront autant que possible du creusement de la cunette s'ils sont conformes aux qualités requises.

Ces matériaux seront disposés et régalez latéralement en remblai de piste de charrettes compacté à de l'OPN de 3 m de largeur.

III. Digue de protection

Les travaux concernent la réalisation des digues de protection nord (1 550 m) et Ouest (193 m). Après débroussaillage, le décapage des emprises de la digue de protection est réalisé sur une épaisseur de 20 cm. La digue de protection sera réalisée en matériaux provenant des zones d'emprunts et compactée à 95 % OPN, la largeur en crête de la digue est de 4 m. La crête de digue sera protégée par une couche de latérite compactée de 0,10 m d'épaisseur.

IV. Aménagement parcellaire

Il est nécessaire de niveler les parcelles cultivées. A cette fin, chaque parcelle de 1 ha est planée et compartimentée en bassins de 0,25 ha séparés par des diguettes. Le cloisonnement en bassins permet en effet de réduire les travaux de planage. L'entreprise est chargée des travaux importants de planage et les exploitants se chargent de l'aménagement des rigoles et des diguettes de séparation.

Travaux à réaliser

Les travaux d'aménagement des sols confiés à l'entreprise concernent les zones qui auront été identifiées comme présentant des problèmes de planage. Il s'agira de réaliser les travaux suivants :

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

- Travaux préparatoires au planage ;
- Travaux de planage de type T1 (surfaçage) ou de type T2 (avec mouvement de terre).

Dispositions constructives

Les travaux préparatoires au planage incluent les tâches suivantes :

- Décapage, débroussaillage et dessouchage ;
- Débosselage soigné du terrain ;

Les travaux de planage incluent les tâches suivantes :

- Planage de type T1 : ce planage concerne les zones dont la pente est régulière du canal tertiaire vers le drain ; il consiste en un surfaçage par passage croisé d'engins, de manière à obtenir la tolérance requise de ± 10 cm à l'intérieur de chaque bassin de 0,25 ha. Le planage de type T1 concerne une superficie estimée à 519 ha ; Planage de type T2 : ce planage concerne les zones de contre-pente entre le canal tertiaire et le drain tertiaire, à fort micro-relief ou encore non dominées ; il consiste à effectuer un planage avec des mouvements de terre permettant d'obtenir la tolérance requise ± 10 cm à l'intérieur de chaque bassin de 0,25 ha. Les surfaces estimées pour ce type de planage sont estimées à 130 ha.

V. Planning d'exécution des travaux

La durée d'exécution des travaux est estimée à 15 mois hors saison hivernale. Elle a été estimée en fonction des travaux antérieurs réalisés dans la zone et ayant les mêmes caractéristiques. Le planning prévisionnel des travaux est présenté sur la figure suivante :

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

PLANNING D'EXECUTION DES TRAVAUX																
Activités / Mois	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	
TRAVAUX PREPARATOIRES																
Construction des bureaux pour la mission de contrôle	■															
Installation du chantier et revu des études		■	■													
TRAVAUX D'AMENAGEMENT																
Travaux de terrassement				■	■	■	■	■	■	■	■	■				
Réalisation des ouvrages en béton					■	■	■	■	■	■	■	■	■			
Installation des équipements métalliques et hydromécaniques						■	■	■	■	■	■	■	■	■		
Exécution de la station de pompage et ses ouvrages annexes				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
Travaux de finition													■	■		
Réception provisoire et repli du matériel														■	■	

Figure 65 : Planning d'exécution des travaux

ANNEXE 7 : 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 coût net aménagé du projet est estimé à **5 987 480 611 FCFA HT** soit un coût net à l'hectare d'environ **11 514 386 FCFA**.

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

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

Tableau 94: Dévis quantitatif et estimatif du projet

N°	DESIGNATION	UNITE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE (F CFA)	MONTANT (F CFA)
	<u>SERIE 1: INSTALLATIONS ET SERVICES</u>				
1.1	Amenée et mise en place des installations générales	F	1	120 000 000	120 000 000
1.2	Bureaux, salle de réunion et équipements	F	1	35 000 000	35 000 000
1.3	Repli de chantier	F	1	25 000 000	25 000 000
	TOTAL SERIE 1				180 000 000
	<u>SERIE 2 : TERRASSEMENT POUR CANAL ADDUCTEUR (4430,69 m) et TÊTE MORTE (1 335 m)</u>				
2.1	Canal Adducteur (4430,69 m)				
2.1.1	Dessouchage et décapage de l'emprise du canal adducteur (ep =10 cm)	m ²	5 860	120	703 200
2.1.2	Déblai provenant de la zone d'emprunts (< 1 000 m) pour la confection du canal adducteur	m ³	30 804	1 700	52 366 800
2.1.3	Déblai provenant de la zone d'emprunts (> 1 000 m) pour la confection du canal adducteur	m ³	46 206	2 000	92 412 000
2.1.4	Remblai compacté à 95 % de l'OPN pour confection des cavaliers du canal adducteur	m ³	77 010	1 400	107 814 000
2.1.5	Déblai pour cunette du canal adducteur	m ³	64 593	1 500	96 890 001
2.1.6	Revêtement en béton légèrement armé dosé à 350 kg/m ³ y compris les joints	m ³	5 255	165 000	867 151 306
2.1.7	Couche de roulement en latérite sur les cavaliers des canaux principaux (ep=10 cm)	m ³	2 038	7 000	14 266 822
	Sous Total Canal adducteur				1 231 604 128
2.2	Tête Morte (1 335 m)				
2.2.1	Dessouchage et décapage de l'emprise de la tête morte (ep =10 cm)	m ²	19 580	120	2 349 600
2.2.2	Déblai provenant de la zone d'emprunts (< 1 000 m) pour la confection de la tête morte	m ³	10 788	1 700	18 339 600
2.2.3	Déblai provenant de la zone d'emprunts (> 1 000 m) pour la confection de la tête morte	m ³	16 182	2 000	32 364 000
2.2.4	Remblai compacté à 95 % de l'OPN pour confection des cavaliers de la tête morte	m ³	26 970	1 400	37 758 000
2.2.5	Déblai pour cunette de la tête morte	m ³	23 725	1 500	35 587 063

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

2.2.6	Revêtement en béton légèrement armé dosé à 350 kg/m ³ y compris les joints	m ³	1 891	165 000	312 071 300
2.2.7	Couche de roulement en latérite sur les cavaliers de la tête morte (ep=10 cm)	m ³	614	7 000	4 298 700
	Sous Total Tête Morte				442 768 263
	TOTAL SERIE 2				1 674 372 391
	SERIE 3 : TERRASSEMENT POUR CANAL PRIMAIRE CP1 (1378,51 m)				
3.1	Dessouchage et décapage de l'emprise des canaux primaires (ep =10 cm)	m ²	1 180	120	141 600
3.2	Déblai provenant de la zone d'emprunts (< 1 000 m) pour la confection canaux primaires	m ³	4 632	1 700	7 874 400
3.3	Déblai provenant de la zone d'emprunts (> 1 000 m) pour la confection des canaux primaires	m ³	6 948	2 000	13 896 000
3.4	Remblai compacté à 95 % de l'OPN pour confection des cavaliers des canaux primaires	m ³	11 580	1 400	16 212 000
3.5	Déblai pour cunette du canal primaire	m ³	5 169	1 500	7 753 214
3.6	Revêtement en béton légèrement armé dosé à 350 kg/m ³ y compris les joints	m ³	794	165 000	131 084 907
3.7	Couche de roulement en latérite sur les cavaliers des canaux primaires (ep=10 cm)	m ³	358	7 000	2 508 888
	TOTAL SERIE 3				179 471 009
	SERIE 4 : CANAUX SECONDAIRES (10508,86 m)				
4.1	Dessouchage et décapage de l'emprise des canaux secondaires (ep =10 cm)	m ²	8 070	120	968 400
4.2	Déblai provenant de la zone d'emprunts (< 1 000 m) pour la confection des canaux	m ³	29 876	1 700	50 789 200
4.3	Déblai provenant de la zone d'emprunts (> 1 000 m) pour la confection des canaux	m ³	44 814	2 000	89 628 000
4.4	Remblai compacté à 95 % de l'OPN pour confection des canaux	m ³	74 690	1 400	104 566 000
4.5	Déblai pour cunette des canaux secondaires	m ³	12 666	1 500	18 998 813
4.6	Revêtement en béton légèrement armé dosé à 350 kg/m ³ y compris joints	m ³	3 666	165 000	604 970 980
4.7	Couche de roulement en latérite sur les cavaliers des canaux secondaires (ep=10 cm)	m ³	2 732	7 000	19 126 125
	TOTAL SERIE 4				889 047 518
	SERIE 5 : CANAUX ET DRAINS TERTIAIRES				
5.1	Canaux tertiaires (20431,13 m)	ml	20 431	7 000	143 017 910
5.2	Drains tertiaires (26640,48 m)	ml	26 640	3 000	79 921 440

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

	TOTAL SERIE 5				222 939 350
	SERIE 6 : DRAINS SECONDAIRES (9780,3m)				
6.1	Dessouchage et décapage de l'emprise des drains (ep =10 cm)	m ²	146 705	120	17 604 540
6.2	Déblai provenant de la cunette des drains	m ³	56 780	1 300	73 814 000
6.3	Déblai provenant de la zone d'emprunts (< 1 000 m) pour la confection des pistes des drains	m ³	-	1 700	-
6.4	Déblai provenant de la zone d'emprunts (>1 000 m) pour la confection des pistes des drains	m ³	-	2 000	-
6.5	Remblai compacté à 95 % de l'OPN pour la confection des pistes latérales	m ³	53 228	1 400	74 519 200
6.6	Couche de roulement en latérite sur les pistes latérales (ep=10 cm)	m ³	3 912	7 000	27 384 840
	TOTAL SERIE 6				193 322 580
	SERIE 7 : DRAIN PRIMAIRE DP1 (3399,23 m)				
7.1	Dessouchage et décapage de l'emprise des drains (ep =10 cm)	m ²	67 985	120	8 158 152
7.2	Déblai provenant de la cunette des drains	m ³	41 340	1 300	53 742 000
7.3	Déblai provenant de la zone d'emprunts (< 1 000 m) pour la confection des pistes des drains	m ³	-	1 700	-
7.4	Déblai provenant de la zone d'emprunts (>1 000 m) pour la confection des pistes des drains	m ³	-	2 000	-
7.5	Remblai compacté à 95 % de l'OPN pour la confection des pistes latérales	m ³	17 544	1 400	24 561 600
7.6	Couche de roulement en latérite sur les pistes latérales (ep=10 cm)	m ³	1 700	7 000	11 897 305
	TOTAL SERIE 7				98 359 057
	SERIE 8 : DRAIN COLLECTEUR DC (5 905 m)				
8.1	Dessouchage et décapage de l'emprise des drains (ep =10 cm)	m ²	141 720	120	17 006 400
8.2	Déblai provenant de la cunette du drain	m ³	41 330	1 300	53 729 000
8.3	Déblai provenant de la zone d'emprunts (< 1 000 m) pour la confection des pistes des drains	m ³	-	1 700	-
8.4	Déblai provenant de la zone d'emprunts (>1 000 m) pour la confection des pistes des drains	m ³	-	2 000	-
8.5	Remblai compacté à 95 % de l'OPN pour la confection des pistes latérales	m ³	47 240	1 400	66 136 000
8.6	Couche de roulement en latérite sur les pistes latérales (ep=10 cm)	m ³	2 953	7 000	20 667 500

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

	TOTAL SERIE 8				157 538 900
	<u>SERIE 9 : DIGUES DE PROTECTION (1739.39 m)</u>				
9.1	Dessouchage et décapage de l'assise de la digue de protection (ep = 20 cm)	m ²	19 980	240	4 795 200
9.2	Déblai provenant de la zone d'emprunts (< 1 000 m) pour la confection de la digue de protection	m ³	8 488	1 700	14 429 600
9.3	Déblai provenant de la zone d'emprunts (> 1 000 m) pour la confection de la digue de protection	m ³	12 732	2 000	25 464 000
9.4	Remblai compacté à 95 % l'OPN pour confection de la digue de protection	m ³	21 220	1 400	29 708 000
9.5	Couche de roulement en latérite sur la crête de la digue de protection (ep=10 cm)	m ³	1 491	7 000	10 438 680
	TOTAL SERIE 9				84 835 480
	<u>SERIE 10 : PISTE PRINCIPALE LE LONG DU CANAUX PRIMAIRES (5809,20m)</u>				
10.1	Dessouchage et décapage de l'emprise de la piste (ep=10 cm)	m ²	46 474	120	5 576 832
10.2	Déblai provenant de la zone d'emprunts (< 1 000 m) pour la confection de la piste	m ³	6 506	1 700	11 060 717
10.3	Déblai provenant de la zone d'emprunts (> 1 000 m) pour la confection de la piste	m ³	9 759	2 000	19 518 912
10.4	Remblai compacté à 95 % de l'OPN pour confection de la piste	m ³	16 266	1 300	21 145 488
10.5	Couche de roulement en latérite sur la crête de la piste principale (ep=10 cm)	m ³	3 079	7 000	21 552 132
10.6	Exécution du fossé de la piste principale	ml	5 809	600	3 485 520
	TOTAL SERIE 10				82 339 601
	<u>SERIE 11 : AMENAGEMENT PARCELLAIRE</u>				
11.1	Préparation des sols (dessouchage, débroussaillage et décapage)	ha	78.0	200 000	15 600 000
11.2	Planage des sols type 1	ha	520.0	150 000	78 000 000
11.3	Planage des sols type 2	ha	130.0	350 000	45 500 000
	TOTAL SERIE 11				139 100 000
	<u>SERIE 12 : OUVRAGES</u>				
12.01	Terrassement pour ouvrages				
12.01.1	Déblais pour fouille d'ouvrage	m ³	4 078	2 300	9 379 400
12.01.2	Déblais mis en zone de dépôt	m ³	1 016	2 400	2 438 400

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

12.01.3	Remblai compacté à l'OPN	m ³	3 062	3 000	9 186 000
12.02	Béton et aciers				
12.02.1	Béton de propreté dosé à 150 Kg/m ³ (ép = 10 cm)	m ²	1 811	9 000	16 299 000
12.02.2	Béton dosé à 350 kg/m ³ pour ouvrage neuf	m ³	950	115 000	109 250 000
12.02.3	Béton pour scellement des équipements hydromécaniques	m ³	6	145 000	870 000
12.02.4	Béton ordinaire dosé à 300 kg/m ³	m ³	-	105 000	-
12.02.5	Acier haute adhérence Fe E400 et Fe E500 pour ferrailage	kg	87 000	1 100	95 700 000
12.03	Tuyaux PVC				
12.03.1	Tuyau PVC diamètre 100 mm	ml	1 080	15 000	16 200 000
12.04	Tuyaux béton				
12.04.1	Tuyau en béton diamètre 300 mm	ml	496	23 300	11 556 800
12.04.2	Tuyau en béton diamètre 500 mm ou dalot équivalent	ml	144	50 000	7 200 000
12.04.3	Tuyau en béton diamètre 1000 mm ou dalot équivalent	ml	24	105 000	2 520 000
12.04.4	Tuyau en béton diamètre 1400 mm ou dalot équivalent	ml	10	145 000	1 450 000
12.05	Vanne AVIS				
12.05.1	Vanne AVIS HC 110/212 Prise Canal adducteur	U	2	17 500 000	35 000 000
12.05.2	Vanne de garde de la Vanne Avis HC 110/212	U	2	4 500 000	9 000 000
12.05.3	Vanne AVIS HC 71/132 pour prise CP1	U	1	12 500 000	12 500 000
12.05.4	Vanne de garde de la Vanne Avis HC 71/132	U	1	3 000 000	3 000 000
12.06	Vanne PLATE pour Régulation				
12.06.1	Vanne plate pour R1 sur Canal adducteur	U	1	15 000 000	15 000 000
12.06.2	Vanne plate pour R1 et R2 sur CP1	U	2	12 500 000	25 000 000
12.07	Vannes de glissement				
12.07.1	Vannes glissement 1,20 m x 1,20 m	U	1	2 500 000	2 500 000
12.07.2	Vannettes de vidange (0,20 m x 0,20m; 0,40 m x 0,40m ou plus)	U	34	150 000	5 100 000
12.08	Modules à masques				
12.08.1	Modules X2 15	U	3	180 000	540 000
12.08.2	Modules X2 20	U	16	200 000	3 200 000
12.08.3	Modules X2 25	U	27	220 000	5 940 000

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

12.08.4	Modules X2 30	U	15	220 000	3 300 000
12.08.5	Module X2 120 l/s	U	1	900 000	900 000
12.08.6	Module XX2 20 l/s	U	2	840 000	1 680 000
12.08.7	Module XX2 100 l/s	U	1	1 200 000	1 200 000
12.08.8	Module XX2 150 l/s	U	1	1 350 000	1 350 000
12.08.9	Module XX2 160 l/s	U	1	1 400 000	1 400 000
12.08.10	Module XX2 200 l/s	U	1	1 450 000	1 450 000
12.08.11	Module XX2 230 l/s	U	2	1 450 000	2 900 000
12.08.12	Module XX2 240 l/s	U	1	1 450 000	1 450 000
12.09	Autres fournitures métalliques: profilés, tôles, garde-corps, échelles	kg	2 500	2 100	5 250 000
12.1	Lavoirs	U	1	1 500 000	1 500 000
12.11	Prises rigoles avec 3 ml de PVC 200	U	520	105 000	54 600 000
12.12	Peinture bitumineuse	m ²	110	1 700	187 000
12.13	Filtre synthétique	m ²	5 300	1 900	10 070 000
12.14	Enrochement de protection	m ³	1 839	20 000	36 780 000
12.15	Abreuvoirs	U	1	3 500 000	3 500 000
	TOTAL SERIE 12				526 346 600.00
	SERIE 13: STATION DE POMPAGE				
13.1	Fourniture et pose de pompes Flygt (débit nominal 0.54 m3/s)	U	4	72 900 000	291 600 000
13.2	Fourniture et pose d'un tableau général basse tension (TGBT) y compris toutes sujétions	ens	1	45 000 000	45 000 000
13.3	Fourniture et pose d'armoire électrique de commande et de compensation y compris toutes sujétions	ens	1	160 000 000	160 000 000
13.4	Fourniture et pose de batardeaux et vannes du puits et toutes sujétions	ens	1	15 000 000	15 000 000
13.5	Fourniture et pose d'équipements de manutention et toutes sujétions	ens	1	20 000 000	20 000 000
13.6	Fourniture et pose d'une protection parafoudre couvrant le champ de la station	ens	1	4 000 000	4 000 000
13.7	Fourniture de lot de pièces de rechange	ens	1	12 000 000	12 000 000
13.8	Fourniture et pose d'un groupe électrogène insonorisé à diesel avec son armoire de commande et toutes sujétions	U	2	180 000 000	180 000 000
13.9	Fourniture et pose de cuve de 10 000 litres avec gasoil toutes sujétions y compris	U	1	25 000 000	25 000 000
13.1	Construction du local technique (salle de commande, bureau, magasin)	ens	1	25 000 000	25 000 000

Extension du périmètre irrigué de Tiekelesso (519 ha) dans la plaine de San-Ouest, République du Mali.

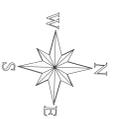
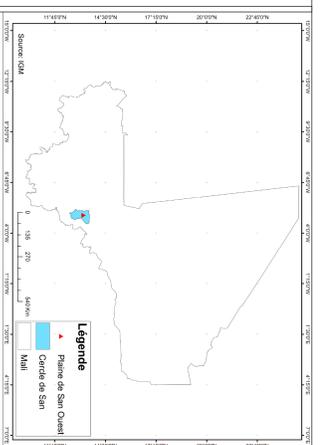
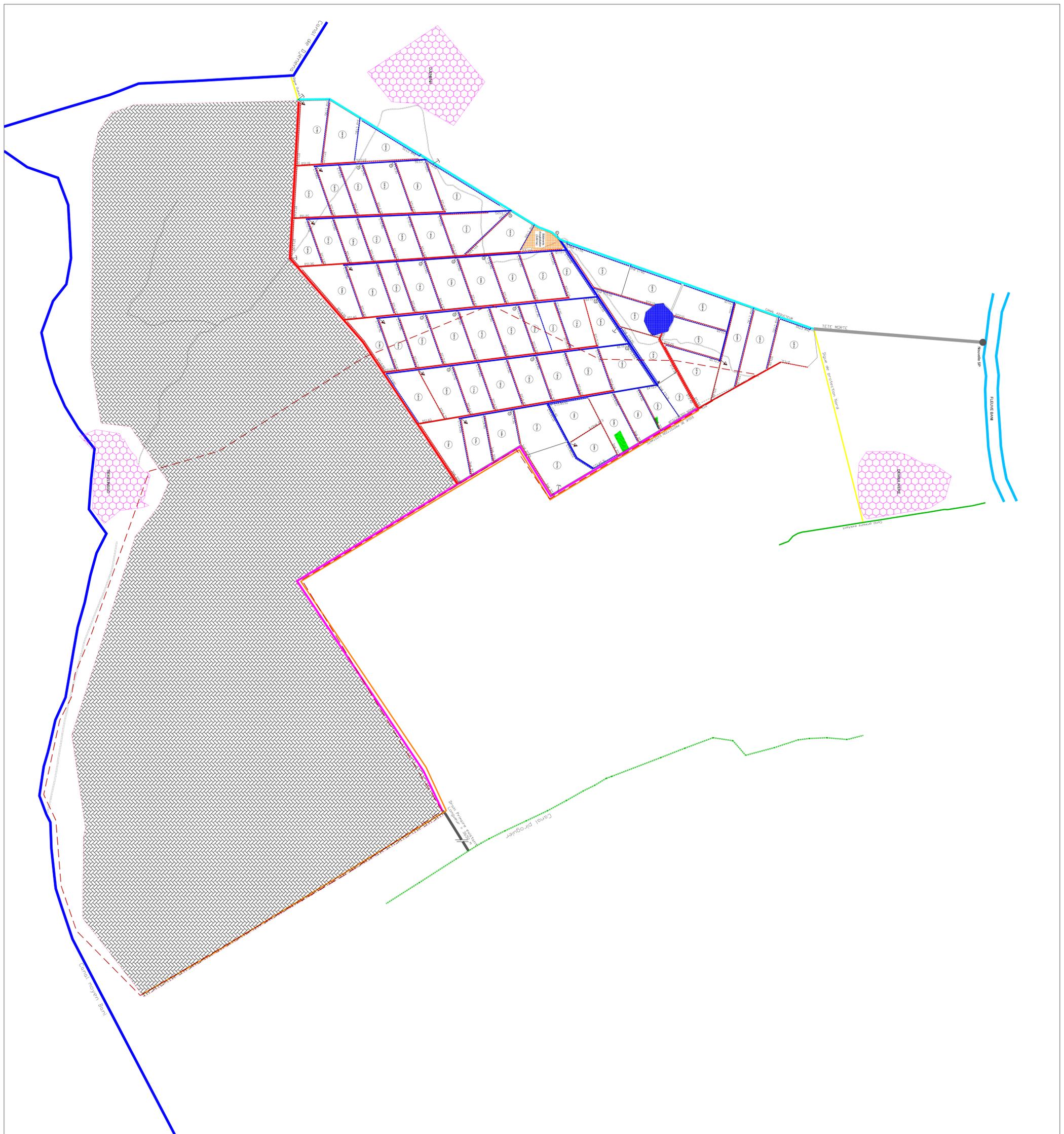
13.11	Construction de local gardien et toilettes	ens	1	7 000 000	7 000 000
13.12	Construction de clôture maçonnée de 400 m	ens	1	9 000 000	9 000 000
13.13	Génie Civil SP et chenal d'amenée (béton armé: 800 m3)	ens	1	300 000 000	300 000 000
13.14	Fourniture et pose de 1,5 Km de ligne HTA 15 KV et raccordement aux cellules MT y compris câbles	ens	1	16 000 000	16 000 000
13.15	Construction d'un poste maçonné type EDM y compris le transformateur électrique	ens	1	70 000 000	70 000 000
TOTAL SERIE 13					1 179 600 000.00
SERIE 14: BATIMENTS D'EXPLOITATION					
14.1	Magasins de stockage (200 T)	U	1	25 590 000	25 590 000
14.2	Aire de battage et de séchage (300 m2)	U	1	12 000 000	12 000 000
14.3	Aire de conditionnement des produits maraichers (100 m2)	U	1	2 000 000	2 000 000
TOTAL SERIE 14					39 590 000.00
SERIE 15 : RECALIBRAGE RESEAU DE DRAINAGE EXISTANT					
15.1	Recalibrage du drain principal existant	m3	18 500	3 000	55 500 000
TOTAL SERIE 15					55 500 000.00
TOTAL (FCFA)					5 702 362 486
IMPREVUS 5%					285 118 124
TOTAL GENERAL HT (FCFA)					5 987 480 611
TVA 18% (FCFA)					1 077 746 510
TOTAL GENERAL TTC (FCFA)					7 065 227 121
COÛT A L'HECTARE (FCFA/HA)					11 514 386

ANNEXE 8 : PIECES GRAPHIQUES DU PROJET

Cette rubrique présente l'ensemble des plans de l'aménagement. Notons que les différents plans présentés sont en effet des plans types par ouvrage, il convient donc de tenir compte des vraies côtes pour chaque ouvrage. La liste des plans est fournie dans le **Tableau 95** ci-après.

Tableau 95 : Liste des plans

1 – Plan d'aménagement de Tiekelesso	
1.1	Plan d'aménagement
2 - Profils en long	
2.1	Profils en long des canaux
2.1.1	Tête morte et CP1
2.1.2	Canal adducteur
2.2	Profils en long des drains
2.2.1	Drain collecteur
2.2.2	DP1
2.3	Digue de protection nord
3 - Profils en travers type	
3.1	Profils en travers type des canaux et drains
4 - Ouvrages types des réseaux d'irrigation et de drainage	
4.1	Prises des canaux primaires
4.2	Prises secondaires
4.3	Prises tertiaires
4.4	Prises rigoles
4.5	Régulateur sur canaux secondaires
4.6	Déversoir de sécurité sur canaux primaires et secondaires
4.7	Débouché des drains
4.8	Franchissement (dalot)
5 - Station de pompage	
5.1	Vue en en plan et coupe
6 – Ouvrages divers	
6.1	Magasin de stockage
6.2	Lavoir
6.3	Abreuvoir



Legende	
	Figure Bari
	Digue existante
	Drain primaire existant
	Digue de protection
	Canal principal
	Canal secondaire
	Canal tertiaire
	Tête morte
	Canal Adjuvateur
	Canal Collecteur
	Canaux primaires CP
	Canaux secondaires CS
	Canaux tertiaires CT
	Draie latérales DT
	Villages
	Mare
	Carrière
	Palmière Marché
	SP
	Limite 1200 ha
	Pisite existante
	Pisite Principale
	Franchissement
	Diversoif de sécurité
	Régulateur Chute
	Extension de Terelessso



LUX-DEVELOPMENT
Agence luxembourgeoise pour la Coopération au Développement

MEMOIRE POUR L'ORIENTATION DU DIPLOME
D'INGENIEUR 2IE AVEC GRADE DE MASTER
Spécialité : Génie Civil Hydraulique
Option : Infrastructures et Réseaux Hydrauliques

EXTENSION DU PERIMETRE IRRIGUE DE TERELESSSO (619 ha)
DANS LA PLAIN DE SAN-OUEST, REPUBLIQUE DU MALI

PLAN D'AMENAGEMENT
Réalisé par MASSOUROU COULIBALY



Echelle	Date	N° du plan	Format	Promotion
1/10000	Janvier 2019	1.1	A0	2017-2018



République du Mali

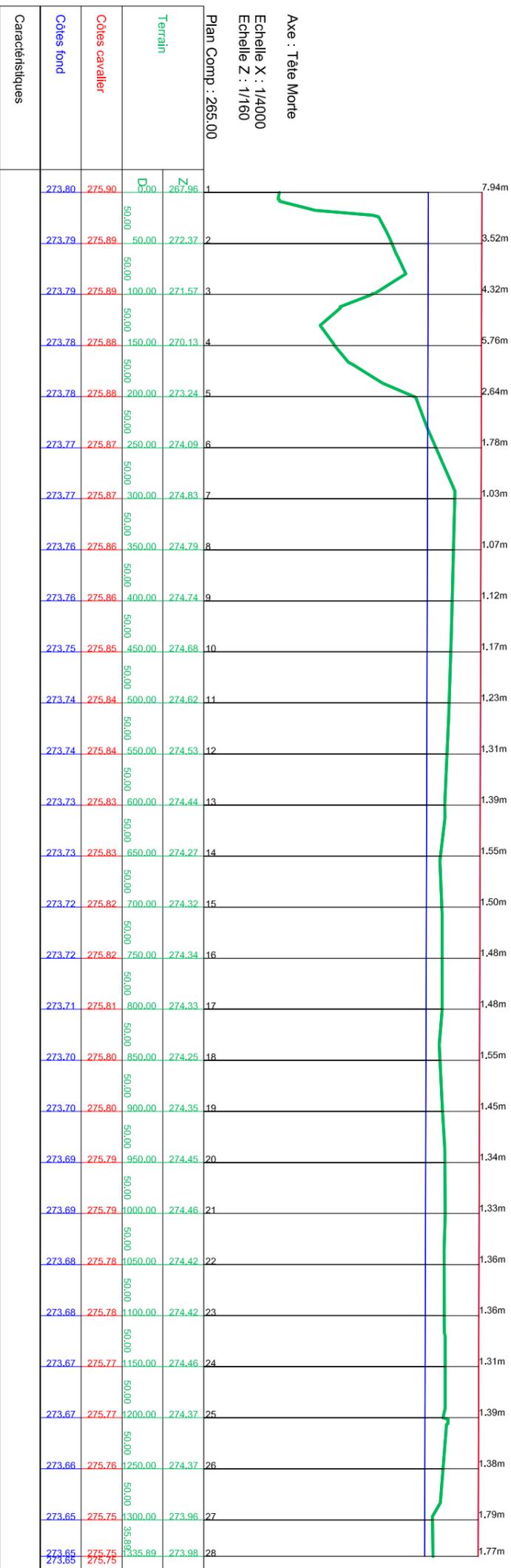
Un peuple- Un but - Une fois



Agence Luxembourgeoise pour la Coopération au Développement

Axe : Tête Morte
Echelle X : 1/4000
Echelle Z : 1/160

Plan Comp : 265,00



Axe : CP1

Echelle X : 1/5000
Echelle Z : 1/250

Plan Comp : 260,00



Profils en long des canaux

Tête morte et CP1 (1/1)

Réalisé par Massourou COULIBALY



Bureau d'Etudes Techniques et d'Ingénieurs Conseils

Plan N° 2.1.1

Promotion 2017-2018

Echelle 1:5000

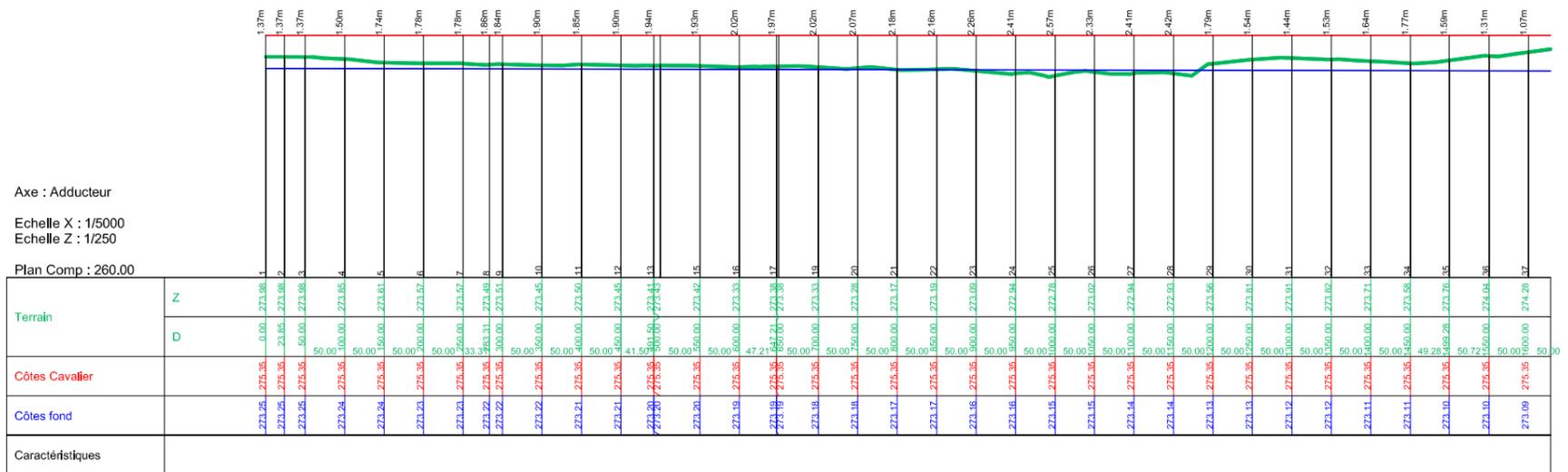
Date Janvier 2019

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR ZIE AVEC GRADE DE MASTER Spécialité : Génie Civil Hydraulique
Option : Infrastructures et Réseaux Hydrauliques
EXTENSION DU PERIMETRE IRRIGUE DE TIEKELESSO (519 ha) DANS LA PLAINNE DE SAN-QUEST, REPUBLIQUE DU MALI

Axe : Adducteur

Echelle X : 1/5000
Echelle Z : 1/250

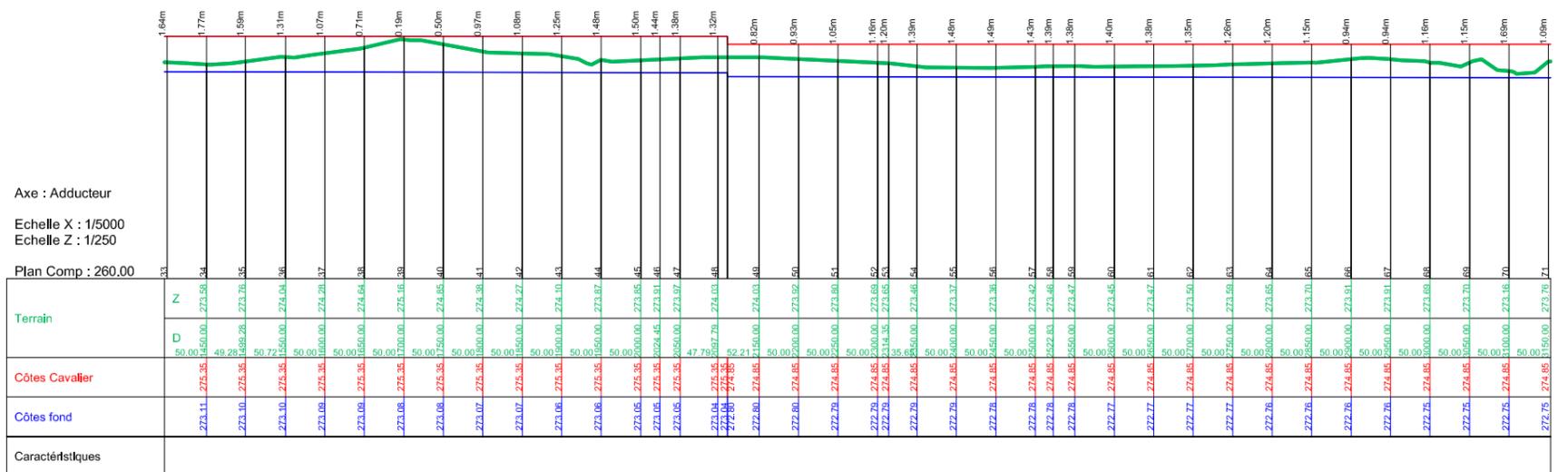
Plan Comp : 260.00



Axe : Adducteur

Echelle X : 1/5000
Echelle Z : 1/250

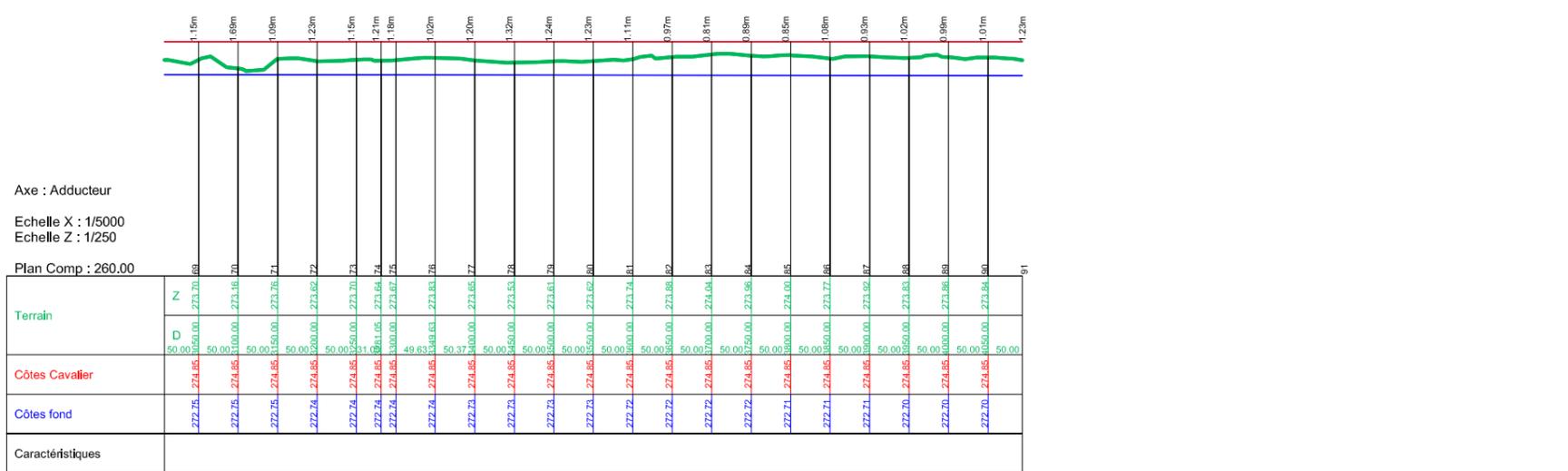
Plan Comp : 260.00



Axe : Adducteur

Echelle X : 1/5000
Echelle Z : 1/250

Plan Comp : 260.00



République du Mali
 Un peuple- Un but - Une fois
LUX-DEVELOPMENT
 Agence luxembourgeoise pour la Coopération au Développement

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR 2iE AVEC GRADE DE MASTER
 Spécialité : Génie Civil Hydraulique
 Option : Infrastructures et Réseaux Hydrauliques
 EXTENSION DU PERIMETRE IRRIGUE DE TIEKELESSO (519 ha) DANS LA PLAINE DE SAN-OUEST, REPUBLIQUE DU MALI

Profils en long des canaux

Canal adducteur (1/1)

Réalisé par **Massourou COULIBALY**

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

BETICO
 Ingénieurs Conseils
 Bureau d'Etudes Techniques et d'Ingénieurs Conseils

Plan N°	2.1.2
Promotion	2017-2018
Echelle	1:7500
Date	Janvier 2019

Axe : PL - DC
Echelle X : 1/2500
Echelle Z : 1/250
Plan Comp : 258.00

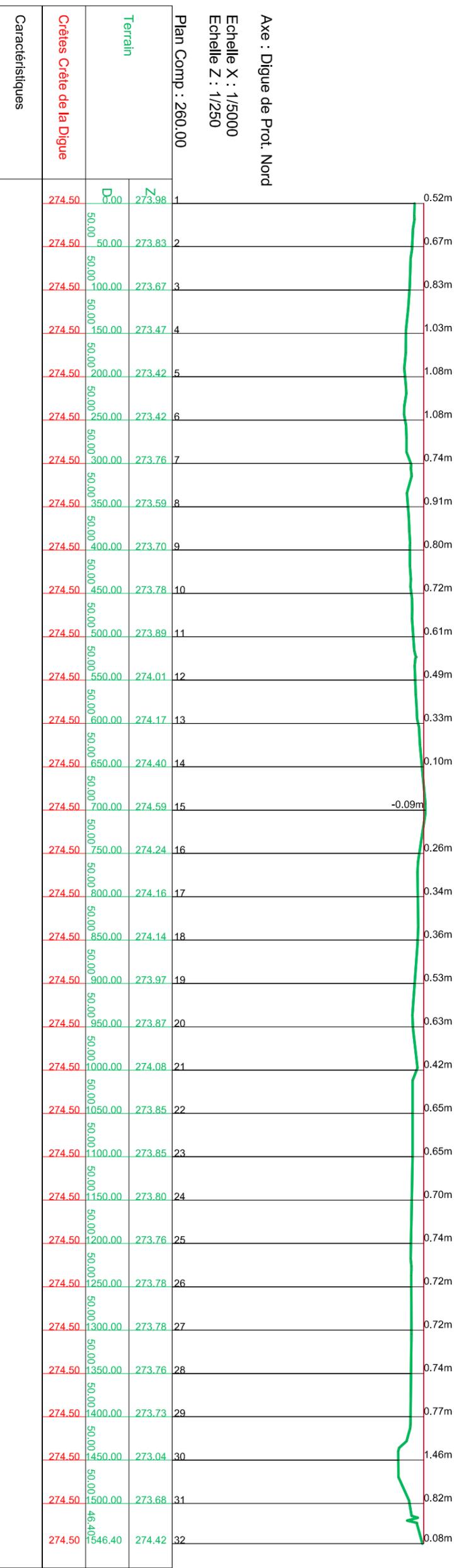
Caractéristiques	D	Z	P	Cotes fond	Terrain	
					D	Z
			P 79	-2,50		
			P 80	-2,68		
			P 81	-2,46		
			P 82	-2,45		
			P 83	-2,53		
			P 84	-2,45		
			P 85	-2,31		
			P 86	-2,50		
			P 87	-2,31		
			P 88	-2,30		
			P 89	-2,30		
			P 90	-2,26		
			P 91	-2,29		
			P 92	-2,27		
			P 93	-2,29		
			P 94	-2,36		
			P 95	-2,29		
			P 96	-2,20		
			P 97	-2,21		
			P 98	-2,20		

Axe : PL - DC
Echelle X : 1/2500
Echelle Z : 1/250
Plan Comp : 258.00

Caractéristiques	D	Z	P	Cotes fond	Terrain	
					D	Z
			P 98	-2,20		
			P 99	-2,30		
			P 100	-2,35		
			P 101	-2,40		
			P 102	-2,40		
			P 103	-2,44		
			P 104	-2,39		
			P 106	-2,47		
			P 107	-2,49		
			P 108	-2,60		
			P 109	-2,34		
			P 110	-2,39		
			P 111	-2,27		
			P 112	-2,20		
			P 113	-2,32		
			P 114	-2,22		
			P 115	-2,29		
			P 116	-2,13		

Axe : PL - DC
Echelle X : 1/2500
Echelle Z : 1/250
Plan Comp : 258.00

Caractéristiques	D	Z	P	Cotes fond	Terrain	
					D	Z
			P 116	-2,13		
			P 117	-2,16		
			P 118	-2,16		
			P 119	-2,13		
			P 120	-2,16		
			P 121	-2,10		
			P 122	-2,13		
			P 123	-2,09		
			P 124	-1,99		
			P 125	-2,00		
			P 126	-2,09		
			P 127	-2,16		
			P 128	-2,21		
			P 129	-2,41		
			P 130	-1,87		
			P 131	-1,97		
			P 132	-1,84		
			P 133	-1,93		
			P 134	-2,06		



Caractéristiques		
Terrain	Z	D
Crêtes Crête de la Digue	274.50	274.50



République du Mali
 Un peuple - Un but - Une fois
LUX-DEVELOPMENT
 Agence luxembourgeoise pour la Coopération au Développement

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR 2IE AVEC GRADE DE MASTER
 Spécialité : Génie Civil Hydraulique
 Option : Infrastructures et Réseaux Hydrauliques
 EXTENSION DU PERIMETRE IRRIGUE DE TIEKELESSO (519 ha) DANS LA PLAINE DE SAN-OUEST, REPUBLIQUE DU MALI

Profils en long des Digues
Digue de protection Nord (1/1)

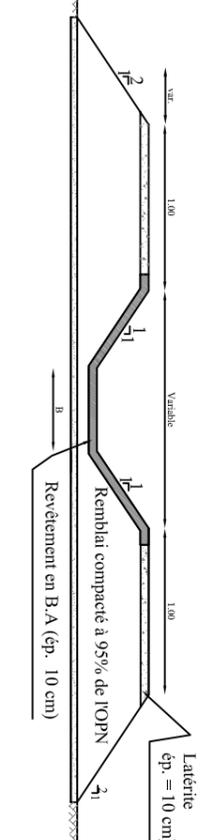
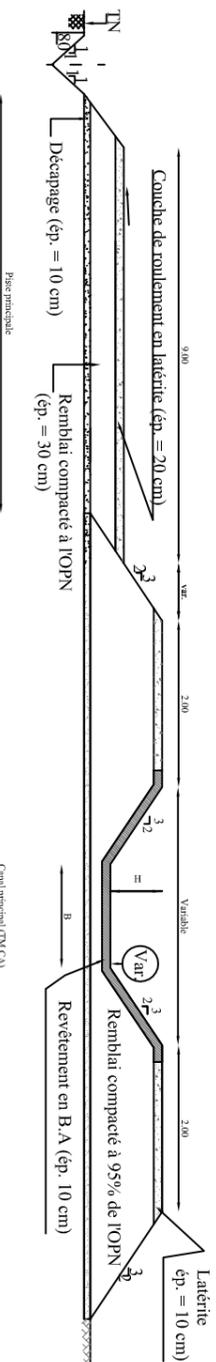
Réalisé par Massourou COULIBALY




Bureau d'Etudes Techniques et d'Ingénieries Conseils

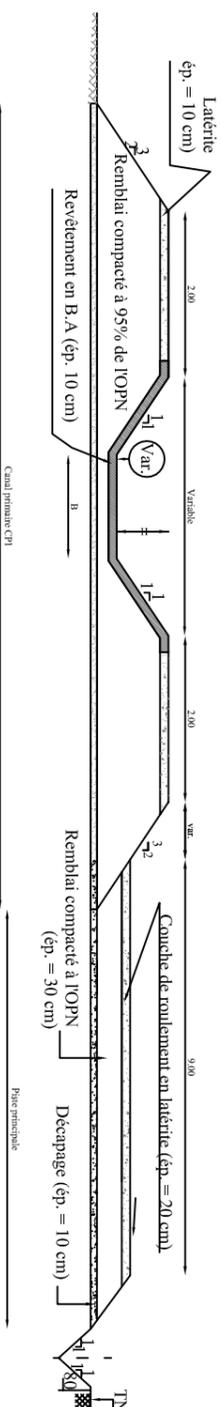
Plan N°	2.3
Promotion	2017-2018
Echelle	1:5000
Date	Janvier 2019

PT Canal principal (TM, CA) longé par la piste principale Echelle 1 : 50

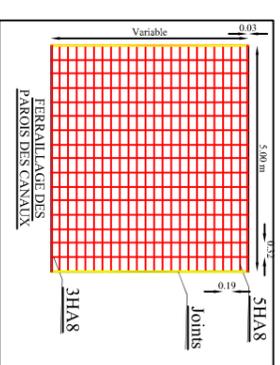
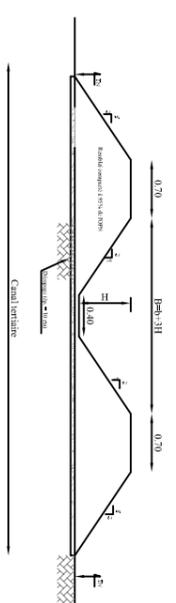


PT Canal secondaire Echelle 1 : 50

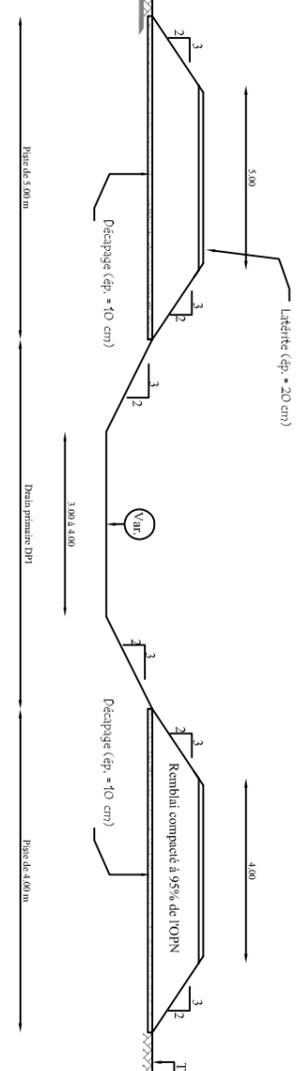
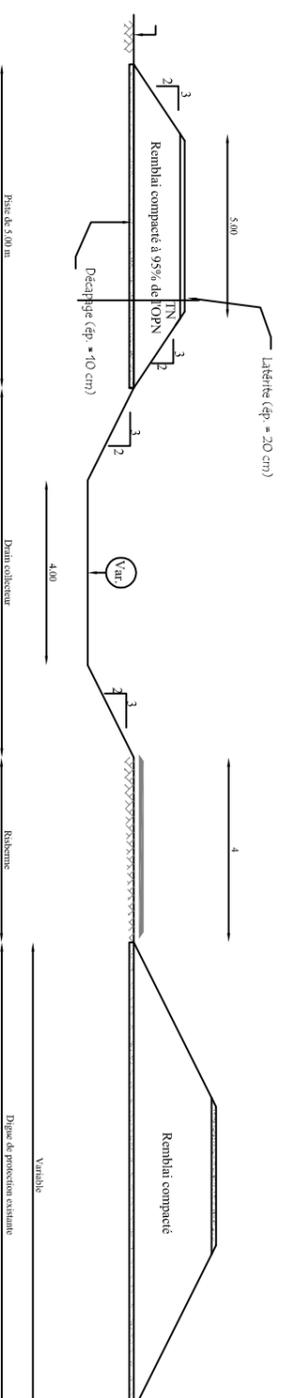
PT Canal principal CPI longé par la piste principale Echelle 1 : 50



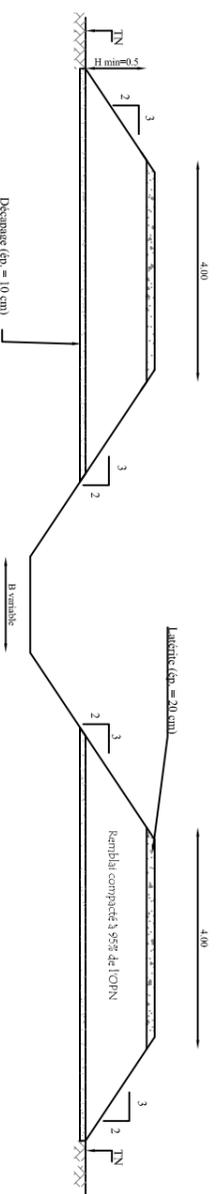
PT Canal tertiaire Echelle 1 : 50



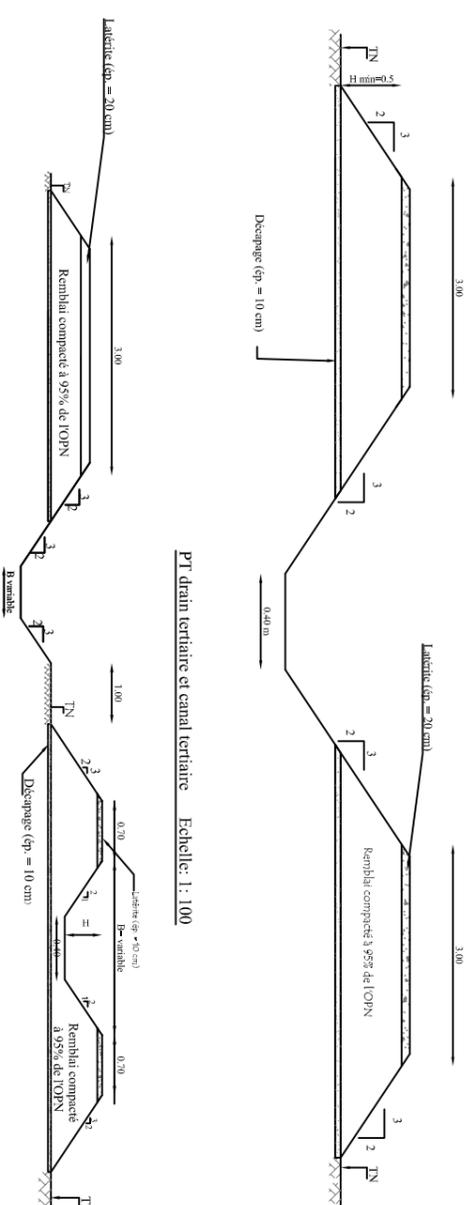
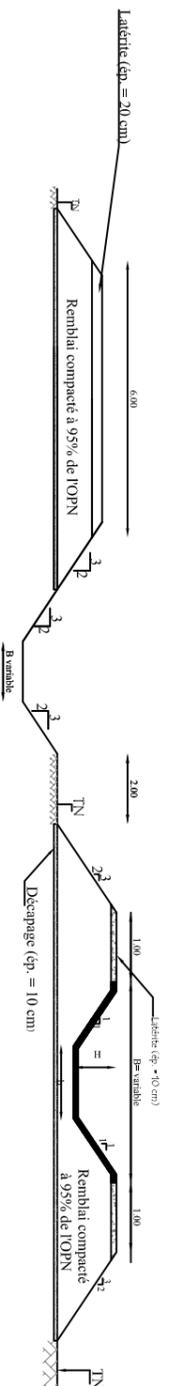
PT drain collecteur longeant la digue et le drain primaire DPI Echelle: 1: 100



PT drains Secondaires Echelle: 1: 100



PT drain Secondaire et canal secondaire Echelle: 1: 100



PT drain tertiaire et canal tertiaire Echelle: 1: 100



République du Mali

Un peuple - Un but - Une fois



MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR 2IE AVEC GRADE DE MASTER
Spécialité : Génie Civil Hydraulique
Option : Infrastructures et Réseaux Hydrauliques
EXTENSION DU PERIMETRE IRRIGUE DE TEKELESSO (S19 hA) DANS LA PLAIN DE SAN-OUEST, REPUBLIQUE DU MALI

Profils en travers types

Canaux et Drains



Réalisé par Massourou COULIBALY

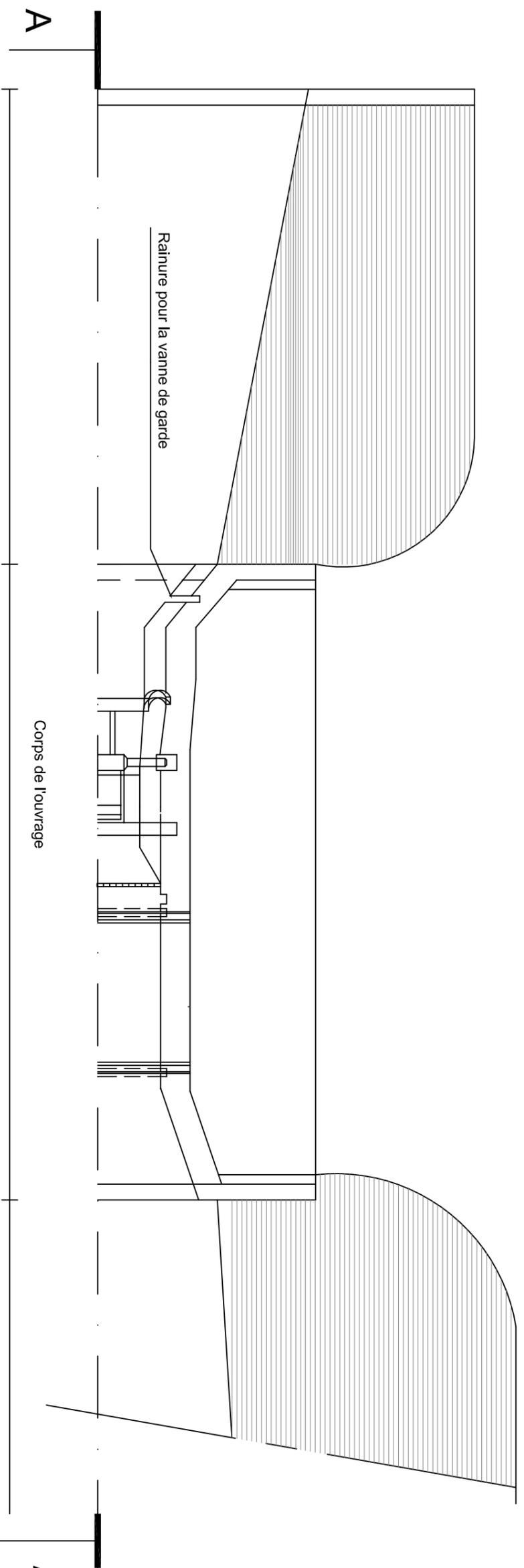
Bureau d'Etudes Techniques et d'Ingénieurs Conseils



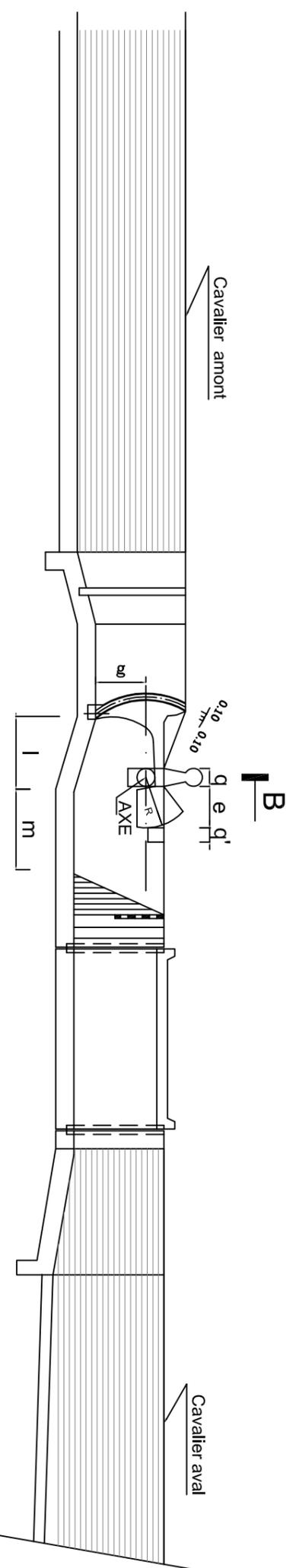
Plan N°	3.1
Promotion	2017-2018
Echelle	1:150
Date	Janvier 2019

N.B.
ép. = épaisseur
TN = Terrain Nivelé
Dimensions en m.

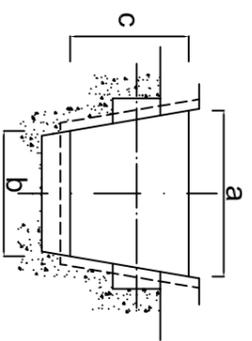
VANNE AVIS



Vue en Plan



Coupe A-A



Coupe B-B

CÔTES ET DIMENSIONS DE L'OUVRAGE

Ouvrage	P.M	Côte cavalier amont	Côte cavalier aval	Type de vanne	Côte axe vanne
Prise CA	0	275,75	275,35	HC 110/212	275,11
Prise CP1	0	275,35	275,05	HC 71/132	274,80

Ouvrage	a	b	c	r	R	e	g	l	m	q	q'
Prise CA	2.775	2.12	1.92	1.10	1.80	2.50	1.12	1.41	1.20	0.40	0.40
Prise CP1	1.80	1.32	1.21	0.71	1.12	1.60	0.71	0.86	0.78	0.20	-



République du Mali

Un peuple - Un but - Une fois

LUX-DEVELOPMENT
Agence luxembourgeoise pour la Coopération au Développement

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME
D'INGENIEUR 2IE AVEC GRADE DE MASTER
Spécialité : Génie Civil Hydraulique
Option : Infrastructures et Réseaux Hydrauliques

EXTENSION DU PERIMETRE IRRIGUE DE TIEKELLESSO
(519 ha) DANS LA PLAINE DE SAN-OUEST, REPUBLIQUE
DU MALI

Ouvrages des Réseaux d'irrigation et de drainage

Prises des canaux primaires - Vanne AVIS

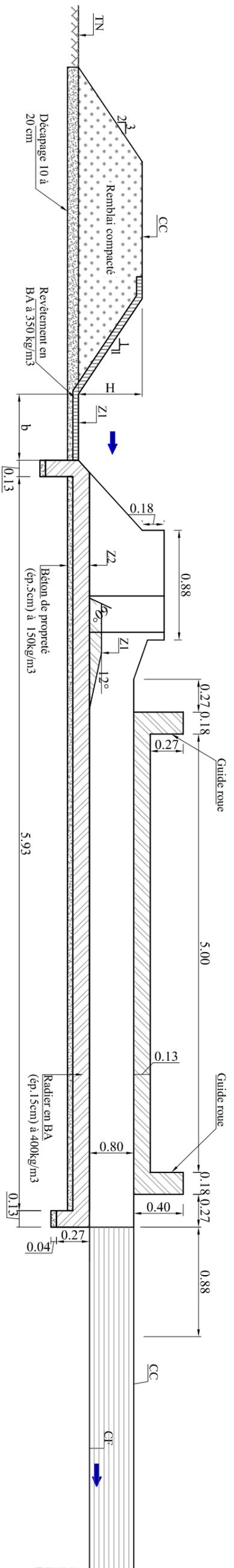
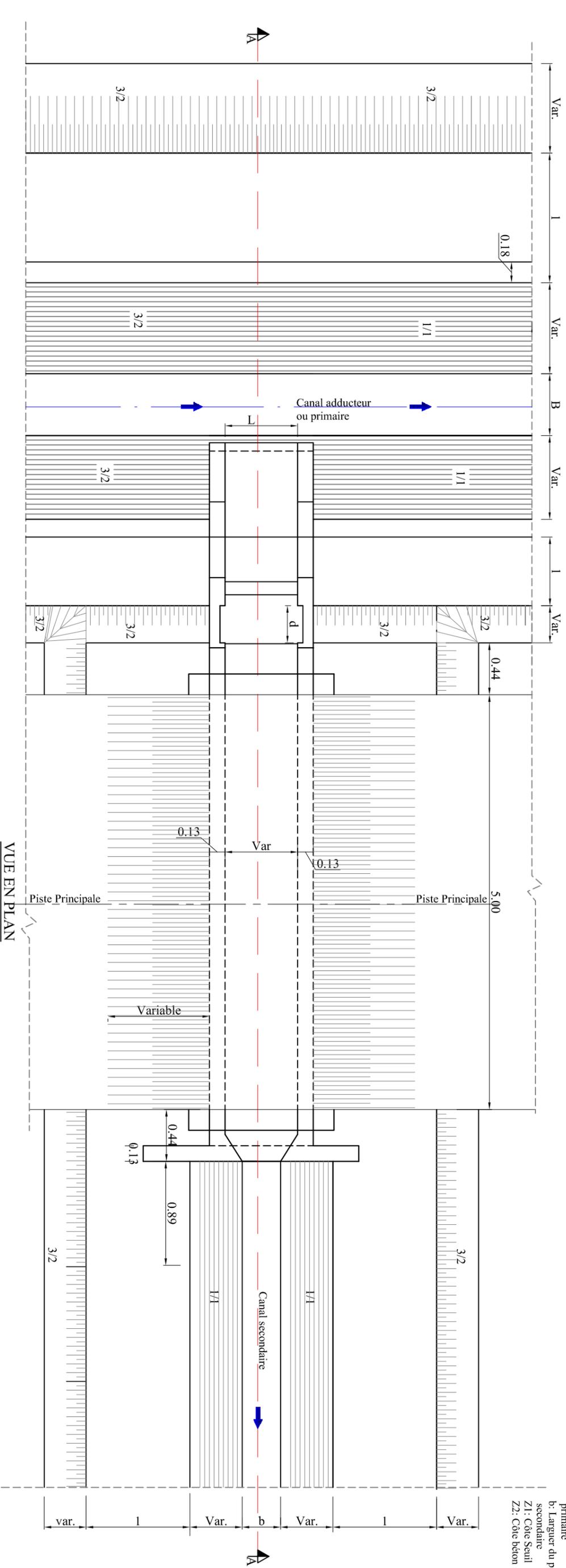
Réalisé par Massourou COULIBALY



Date:	Janvier 2019	Bureau d'Etudes Techniques et d'Ingénieurs Consultants	Numéro de plan
Echelle:	1:100		4.1
Promotion	2017-2018		

NB: Cotes variables voir annexes hydrauliques

CC: Côte Cavalier
 CF: Côte Fond
 B: Largeur du plafond du canal primaire
 b: Largeur du plafond du canal secondaire
 Z1: Côte Seuil
 Z2: Côte bison



Type module	L(cm)
XX2	90
	150
	190
	200
	210
	220

Type module	d
XX2	54



République du Mali

Un peuple - Un but - Une fois



MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR 2IE AVEC GRADE DE MASTER
 Spécialité: Génie Civil Hydraulique
 Option: Infrastructures et Réseaux Hydrauliques
 EXTENSION DU PERIMETRE IRRIGUE DE TEKELESSO (519 ha) DANS LA PLAIN DE SAN-OUEST, REPUBLIQUE DU MALI

Ouvrages des Réseaux d'irrigation et de drainage

Prises des canaux secondaires - Module à masques

Réalisé par Massourou COULIBALY



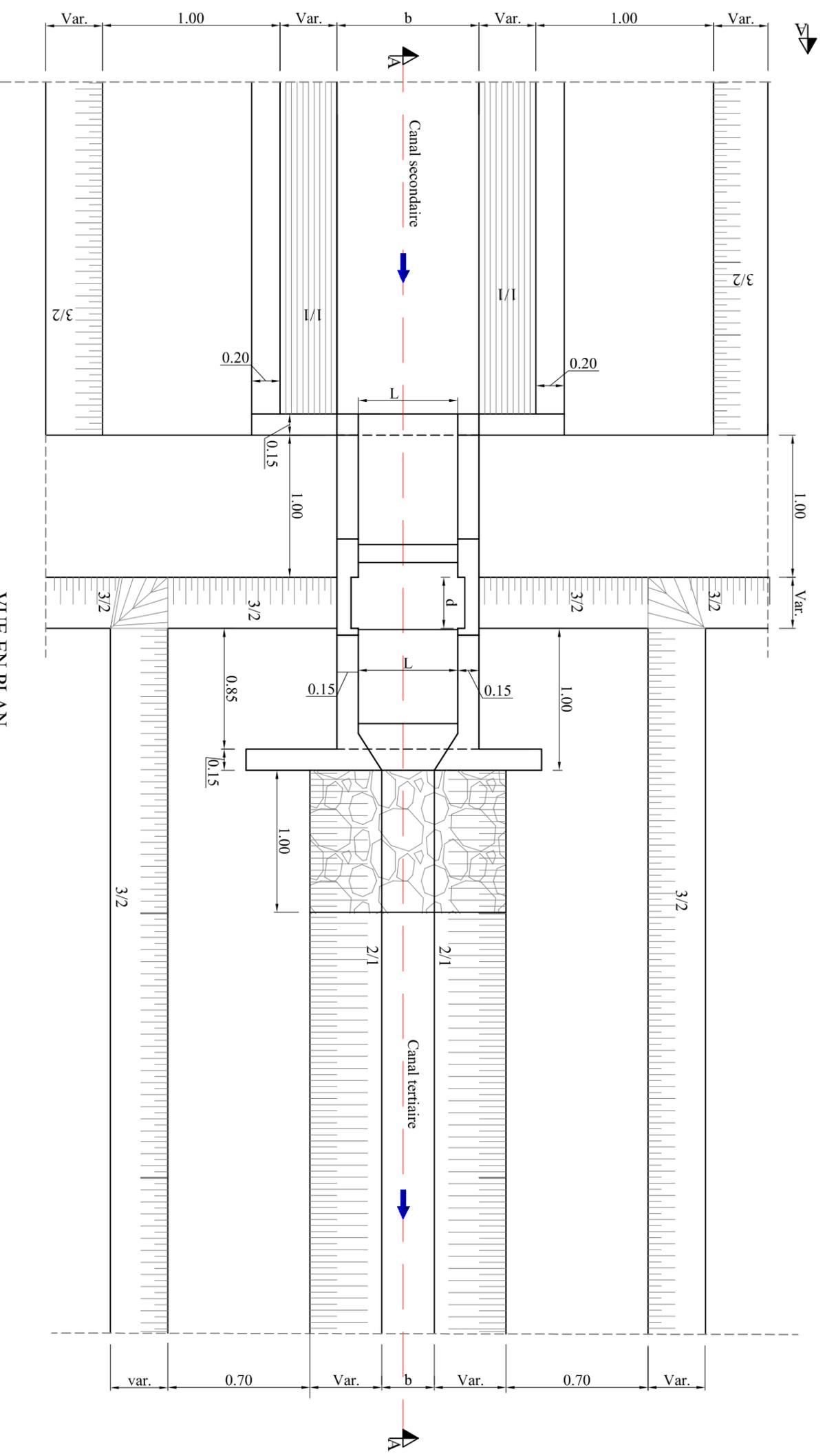
Plan N°	4.2
Promotion	2017-2018
Echelle	1:35
Date	Janvier 2019

Type module	d
X1	34
X2	36

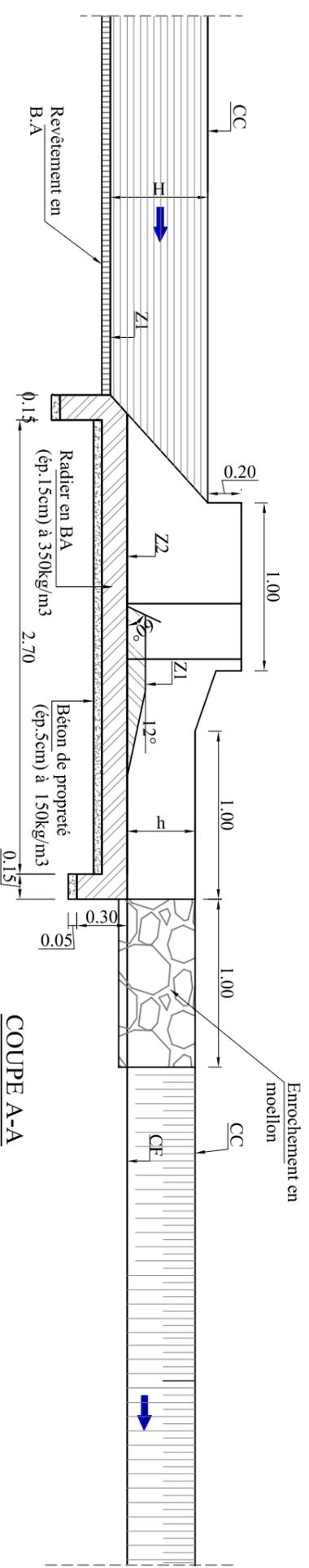
Type module X1 ou X2	L (cm)				
	30	32	60	63	90
L	90	94	120	125	150
	120	125	150	156	
	150	156			

NB: Cotes variables voir annexes hydrauliques

h : Hauteur du dalot
 CC: Côte Cavalier
 CF: Côte Fond
 B: Larguer du plafond du canal secondaire
 b: Larguer du plafond du canal tertiaire
 Z1: Côte Seuil
 Z2: Côte béton



VUE EN PLAN



COUPE A-A

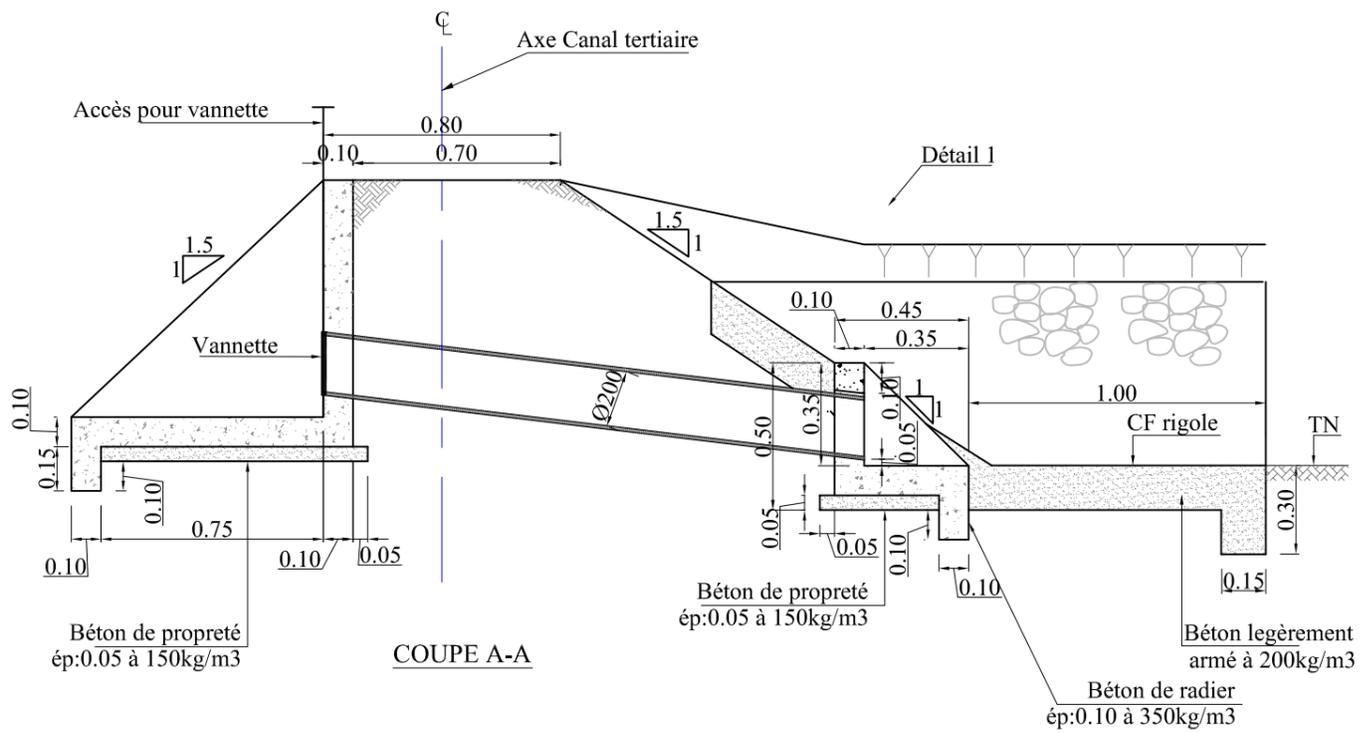
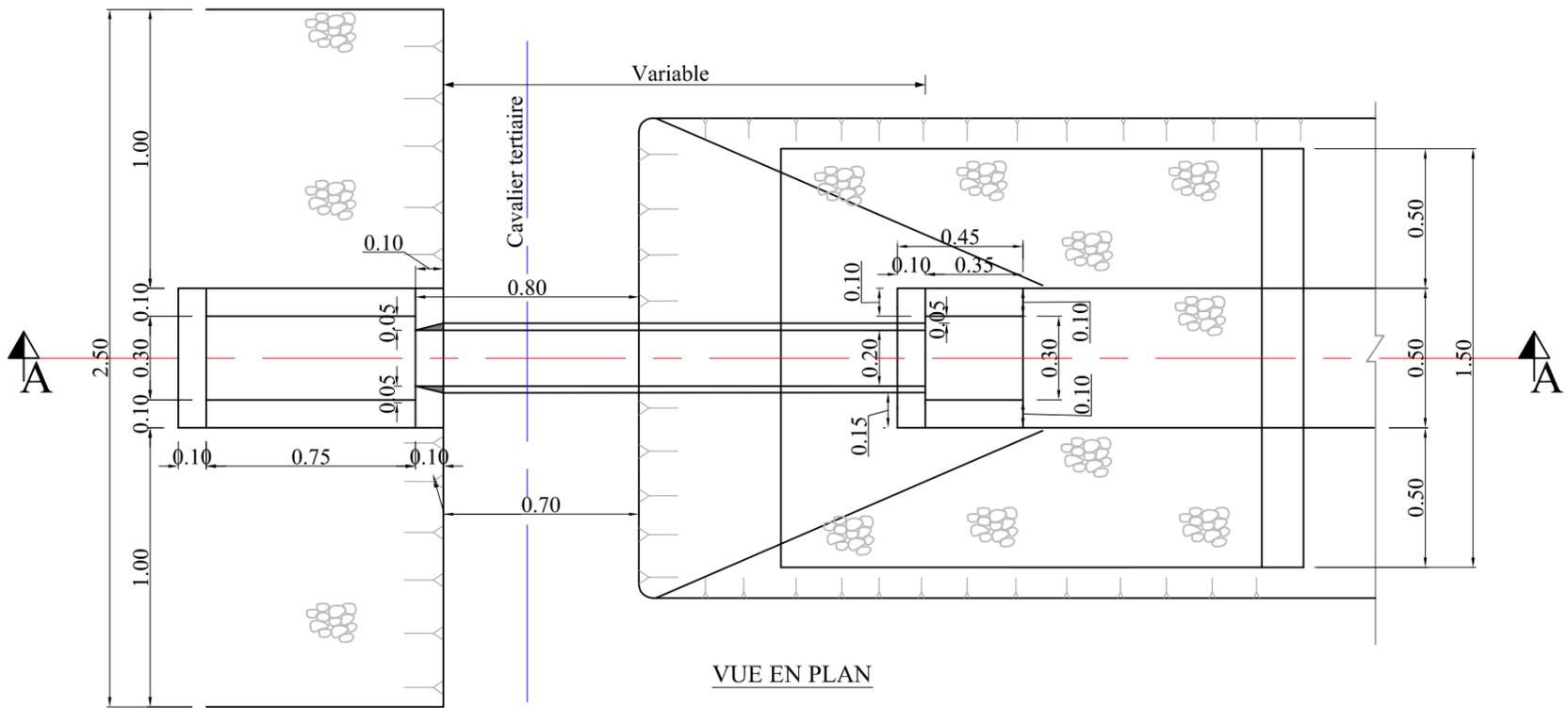
MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME
 D'INGENIEUR 2IE AVEC GRADE DE MASTER
 Spécialité : Génie Civil Hydraulique
 Option : Infrastructures et Réseaux Hydrauliques
 EXTENSION DU PERIMETRE IRRIGUE DE TIEKELESSO (519 ha)
 DANS LA PLAIN DE SAN-OUEST, REPUBLIQUE DU MALI

Ouvrages des Réseaux
 d'irrigation et de drainage
 Prises des canaux
 tertiaires-Module à masques

Réalisé par Massourou COULIBALY
 Institut International
 d'Ingénierie de l'Eau
 et de l'Environnement

BETICO
 BUREAU D'ETUDES TECHNIQUES ET D'INGENIEURS CONSEILS

Plan N° 4.3
 Promotion 2017-2018
 Echelle 1:35
 Date Janvier 2019



République du Mali
 Un peuple - Un but - Une fois
LUX-DEVELOPMENT
 Agence luxembourgeoise pour la Coopération au Développement

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR 2IE AVEC GRADE DE MASTER
 Spécialité : Génie Civil Hydraulique
 Option : Infrastructures et Réseaux Hydrauliques
 EXTENSION DU PERIMETRE IRRIGUE DE TIEKELESSO (519 ha) DANS LA PLAINE DE SAN-OUEST, REPUBLIQUE DU MALI

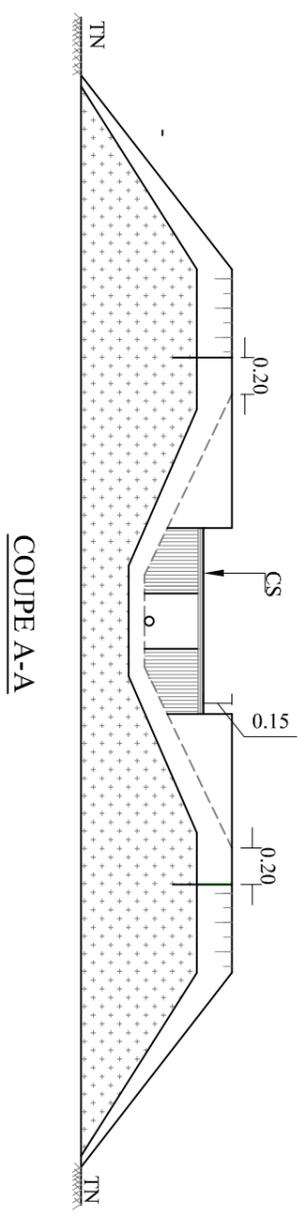
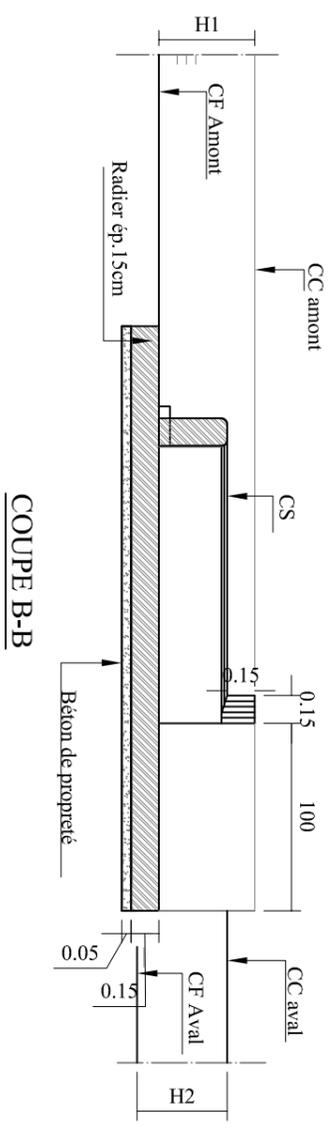
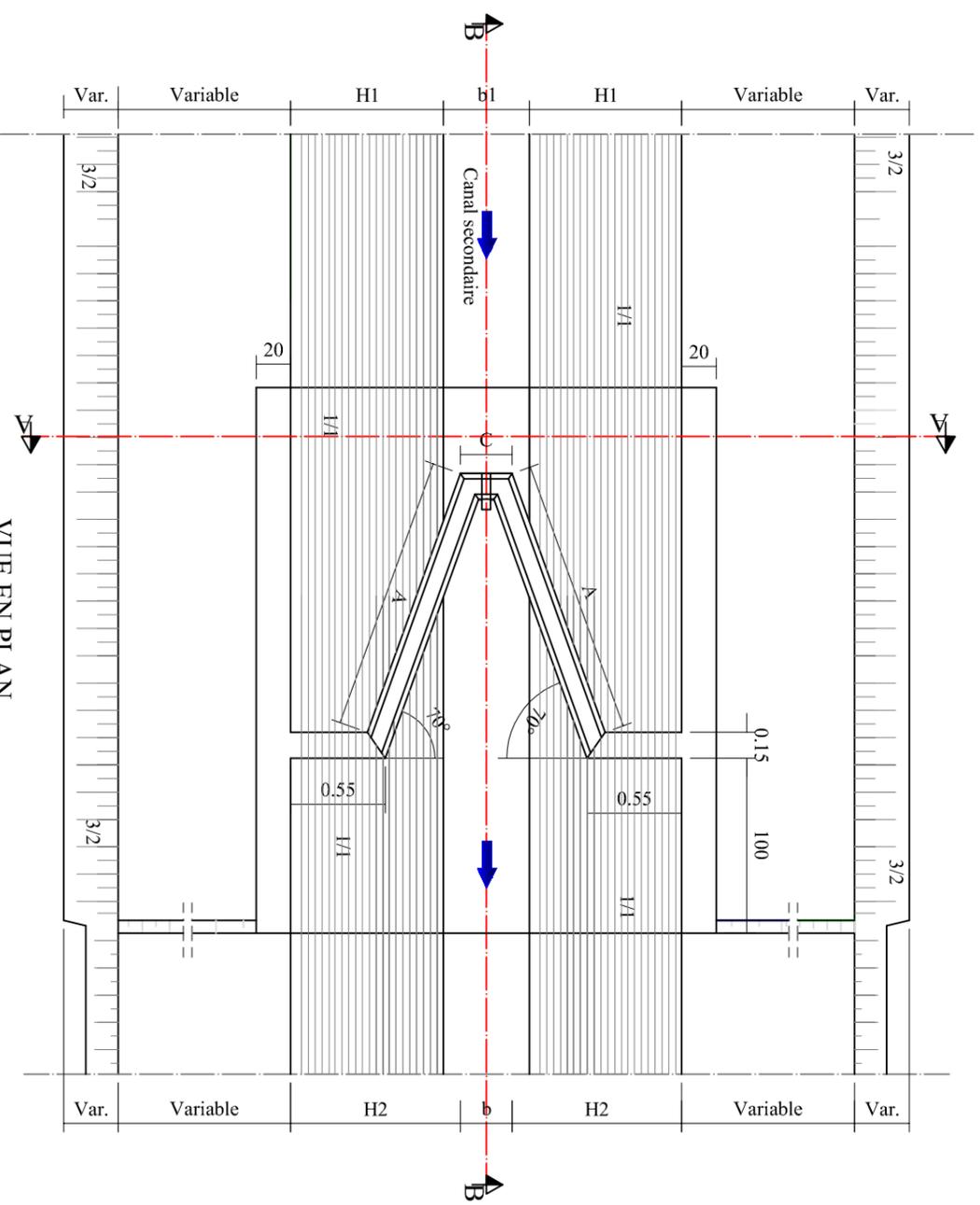
Ouvrages des Réseaux d'irrigation et de drainage
 Prise des Rigoles

Réalisé par Massourou COULIBALY

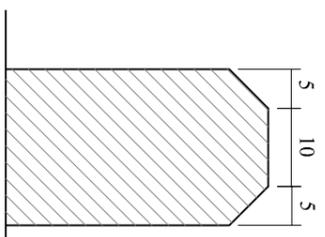
2IE Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement

BETICO Bureau d'Etudes Techniques et d'Ingénieurs Conseils

Plan N°	4.4
Promotion	2017-2018
Echelle	1:25
Date	Janvier 2019



Canal	Régulateur	P.M	Charge sur déversoir (m)	Côte seuil déversoir (m)	Longueur déversoir à exécuter (m)
CS2G	R1	15.07	0.10	273.95	2.50
	R1	266.95	0.10	274.12	1.40
CS3G	R2	520.25	0.10	273.82	1.00
	R1	610.67	0.10	274.35	2.60
CS1.1D	R2	857.34	0.10	274.19	2.00
	R3	1112.05	0.10	273.49	1.50
	R1	628.89	0.10	274.26	2.50
CS1.2D	R2	1096.27	0.10	273.85	1.40
	R3	1349.83	0.10	273.34	0.90
	R1	737.24	0.10	273.99	2.00
CS1.3D	R2	1388.89	0.10	273.65	0.50
	R1	1136.19	0.10	273.76	1.10



DETAIL DEVERSSOIR
Ech: 1/20

République du Mali

Un peuple - Un but - Une fois

LUX-DEVELOPMENT
Agence luxembourgeoise pour la Coopération au Développement

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME
D'INGENIEUR 2IE AVEC GRADE DE MASTER
Spécialité : Génie Civil Hydraulique
Option : Infrastructures et Réseaux Hydrauliques

EXTENSION DU PERIMETRE IRRIGUE DE TIEKLESSO
(519 ha) DANS LA PLAINE DE SAN-OUEST, REPUBLIQUE
DU MALI

Ouvrages des Réseaux d'irrigation et de drainage

Régulateur sur canaux secondaires - Giraudet

Réalisé par Massourou COULIBALY

ZIE
Institut International
d'Ingénierie de l'Eau
et de l'Environnement

BETIGO
Ingénieurs Conseils
Bureau d'Etudes Techniques et d'Ingénieurs Conseils

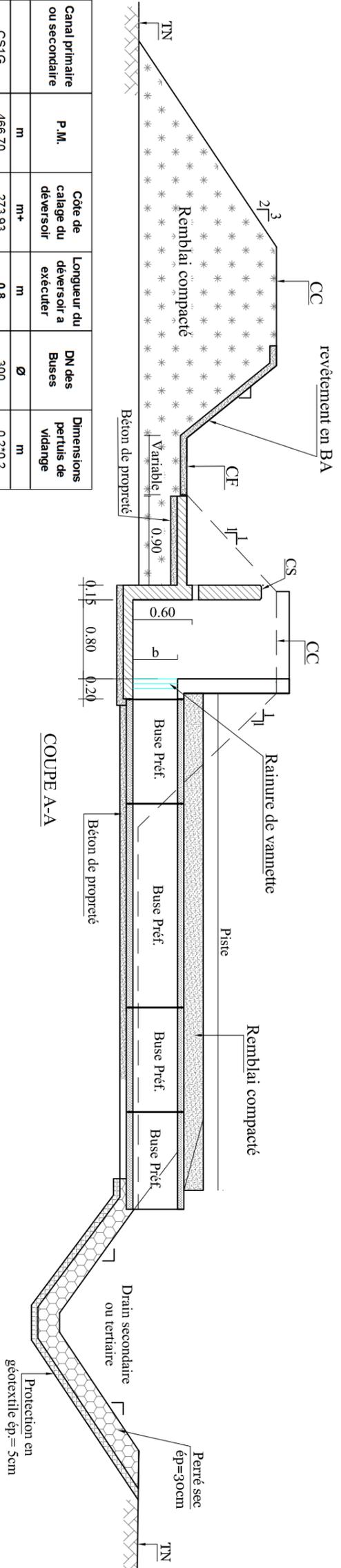
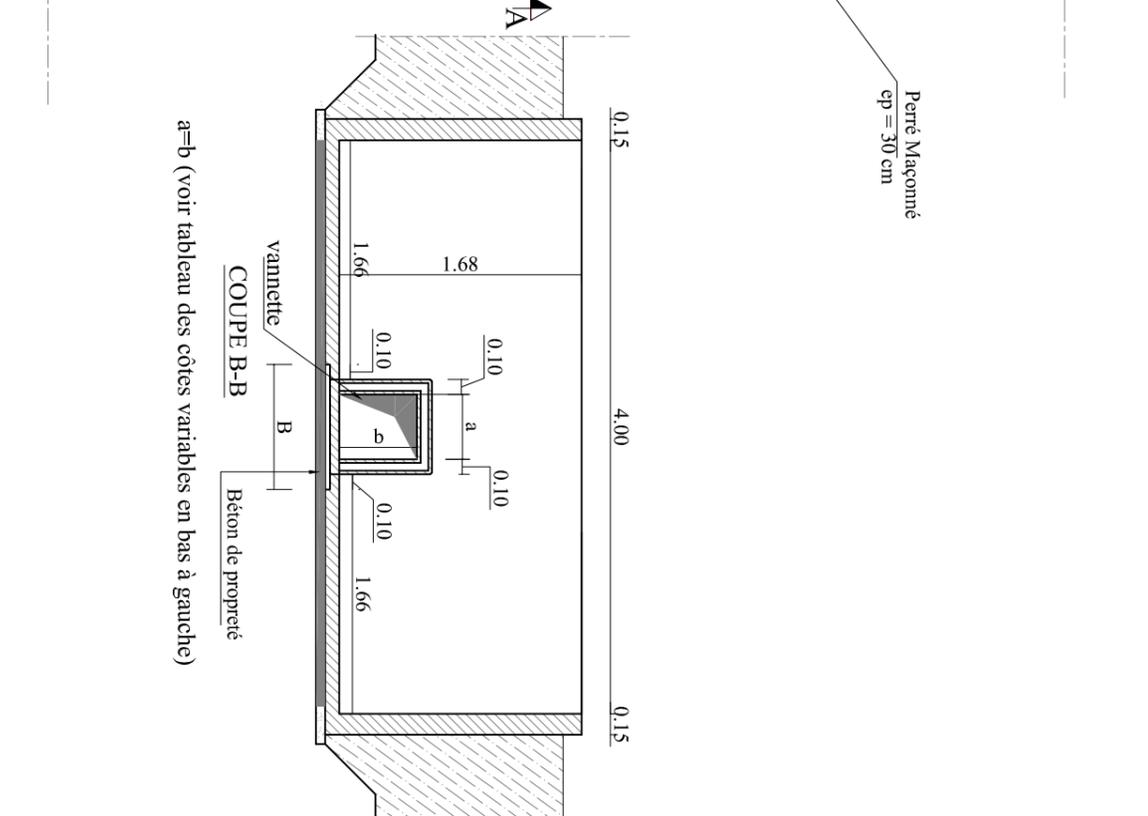
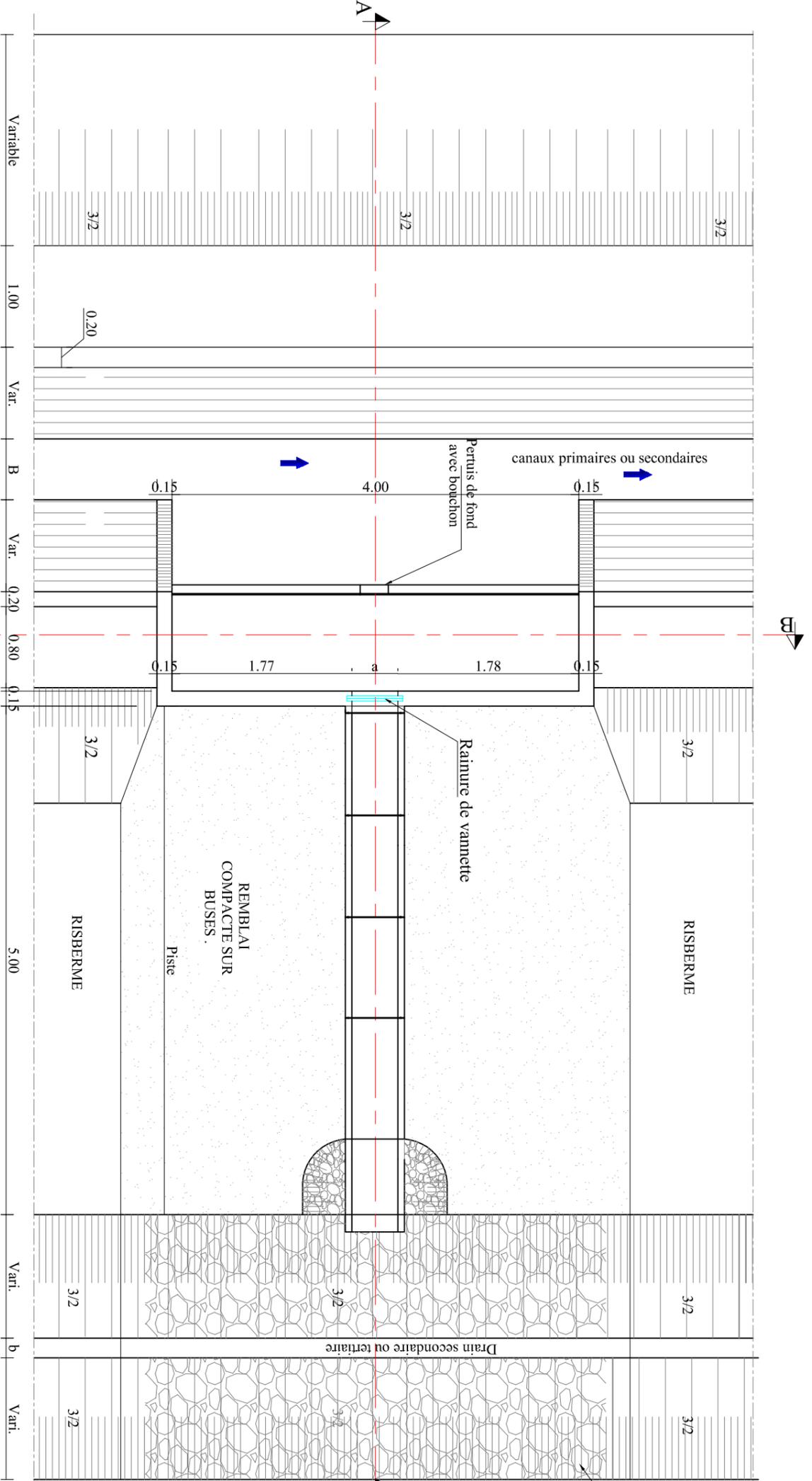
Date: Janvier 2019

Echelle: 1:100

Promotion: 2017-2018

Numéro de plan

4.5



Canal primaire ou secondaire	P.M.	Côte de calage du déversoir	Longueur du déversoir à exécuter	DN des Buses	Dimensions pertuis de vidange
	m	m+	m	Ø	m
CS1G	466.70	273.93	0.8	300	0.2*0.2
CS2G	1580.27	273.49	1.1	300	0.2*0.2
CS3G	872.50	273.52	1.2	300	0.2*0.2
CS1.1D	1714.65	273.34	1.7	350	0.2*0.2
CS1.2D	1710.40	273.23	1.7	350	0.2*0.2
CS1.3D	1651.10	273.05	1.5	300	0.2*0.2
S/CS1.4D	349.78	273.68	0.9	300	0.1*0.1
CS1.4D	1542.58	273.36	1.9	350	0.2*0.2
CP1	1368.51	274.25	7.6	700	0.5*0.5
Canal Adducteur	4414.69	274.50	19.1	900	0.5*0.5



République du Mali
Un peuple - Un but - Une fois



LUX-DEVELOPMENT
Agence luxembourgeoise pour la Coopération au Développement

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR 2IE AVEC GRADE DE MASTER
Spécialité : Génie Civil Hydraulique
Option : Infrastructures et Réseaux Hydrauliques

EXTENSION DU PERIMETRE IRRIGUE DE TIEKELLESSO (519 ha) DANS LA PLAINIE DE SAN-OUEST, REPUBLIQUE DU MALI

Ouvrages des Réseaux dirrigation et de drainage primaires et secondaires
Réalisé par Massourou COULBALY

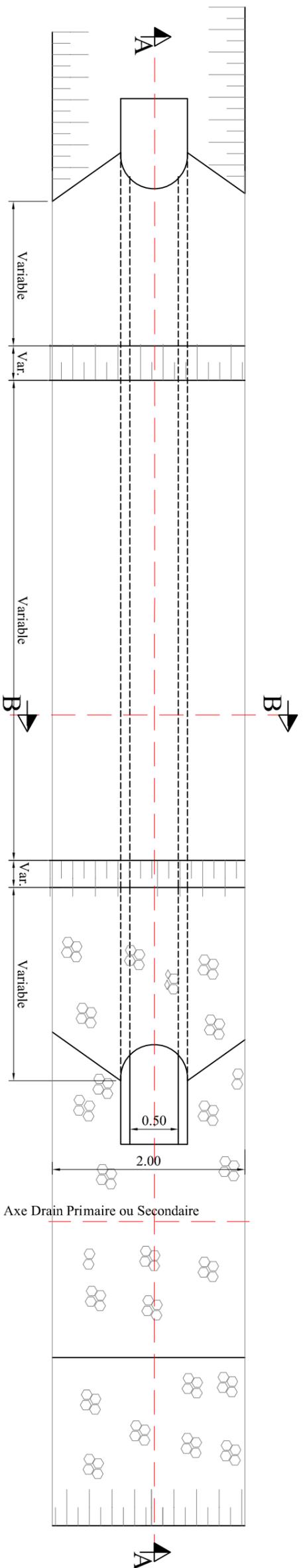


ZIE Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement

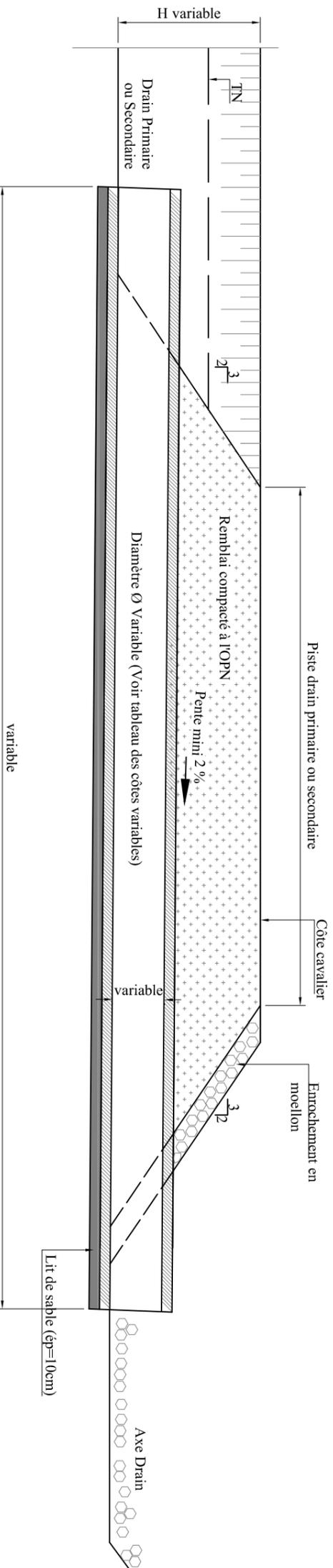


BETICO Bureau d'Etudes Techniques et d'Ingénierie

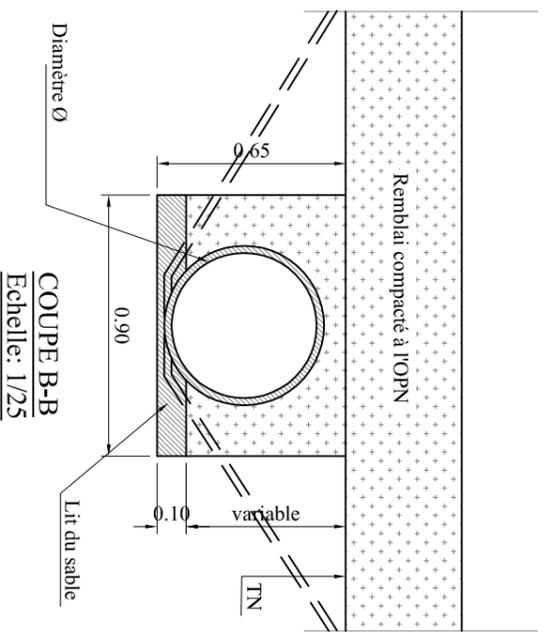
Date:	Janvier 2019	Numero de plan	
Echelle:	1:100		4,6
Promotion	2017-2018		



VUE EN PLAN



COUPE A-A



Drain	Type	Diamètre retenu
DC	Buse	1200
DP1	Buse	1000
DS	Buse	500
DT	Buse	300
Rigole	PVC	100



République du Mali

Un peuple - Un but - Une fois



LUX-DEVELOPMENT
Agence luxembourgeoise pour la Coopération au Développement

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME
D'INGENIEUR 2IE AVEC GRADE DE MASTER
Spécialité : Génie Civil Hydraulique
Option : Infrastructures et Réseaux Hydrauliques

EXTENSION DU PERIMETRE IRRIGUE DE TIEKELESSO
(519 ha) DANS LA PLAINE DE SAN-OUEST, REPUBLIQUE
DU MALI

Ouvrages des Réseaux d'irrigation et de drainage

Débouché des Drains

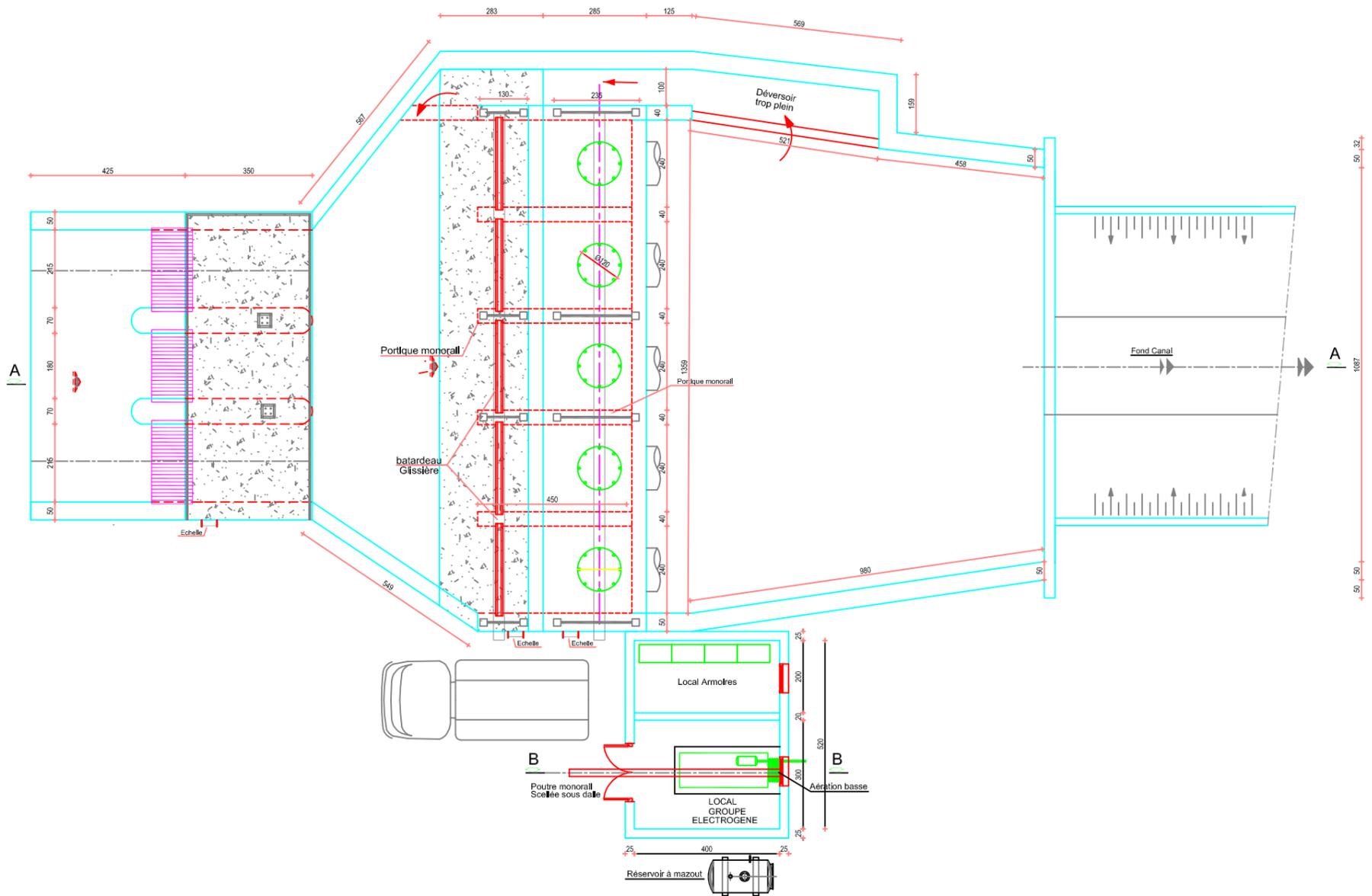
Réalisé par Massourou COULIBALY



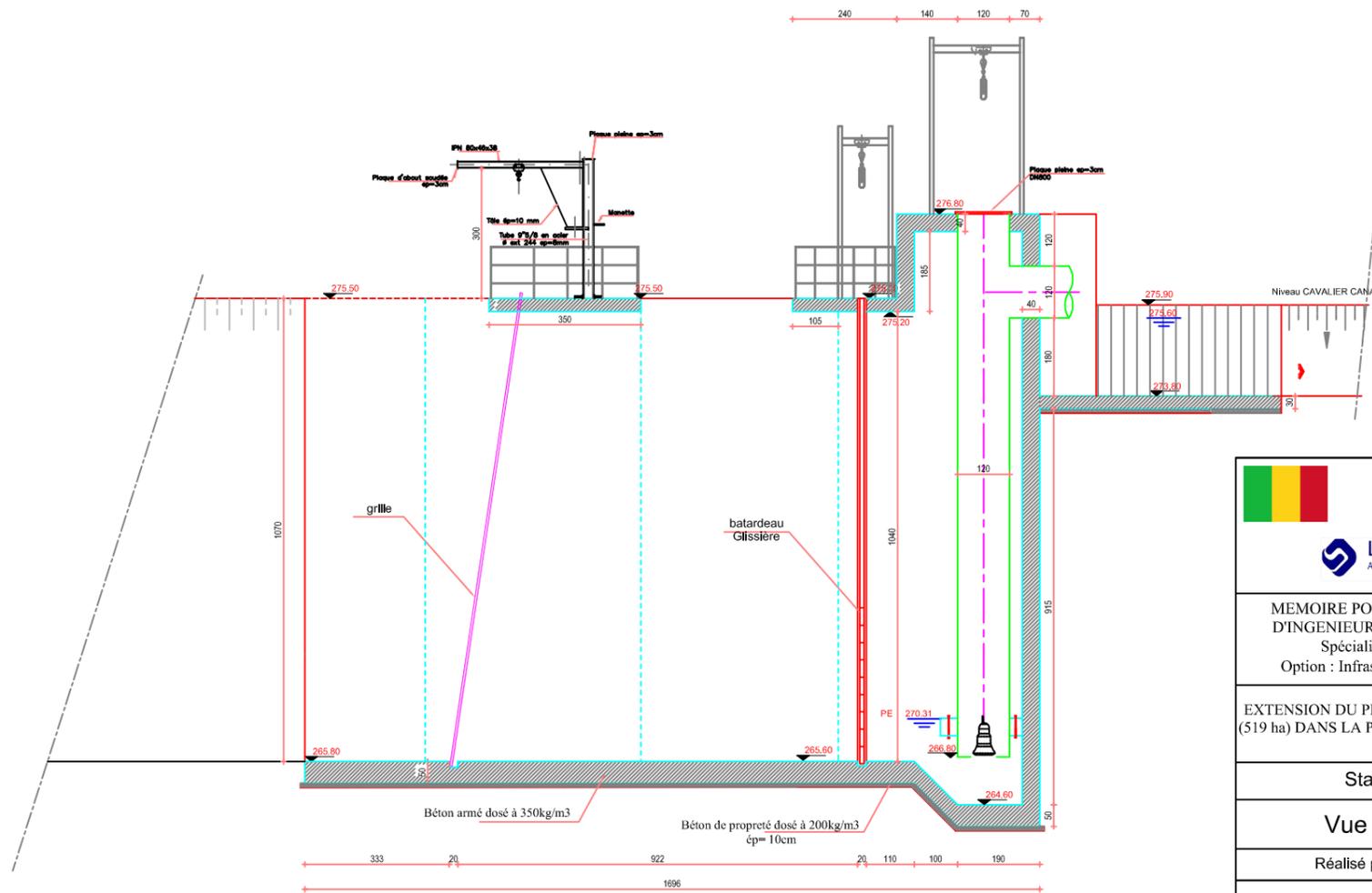
Date: Janvier 2019
Echelle: 1: 50
Promotion: 2017-2018

Numéro de plan: 4.7

VUE EN PLAN
Ech 1/100

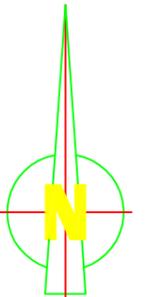


COUPE A-A
Ech=1/75

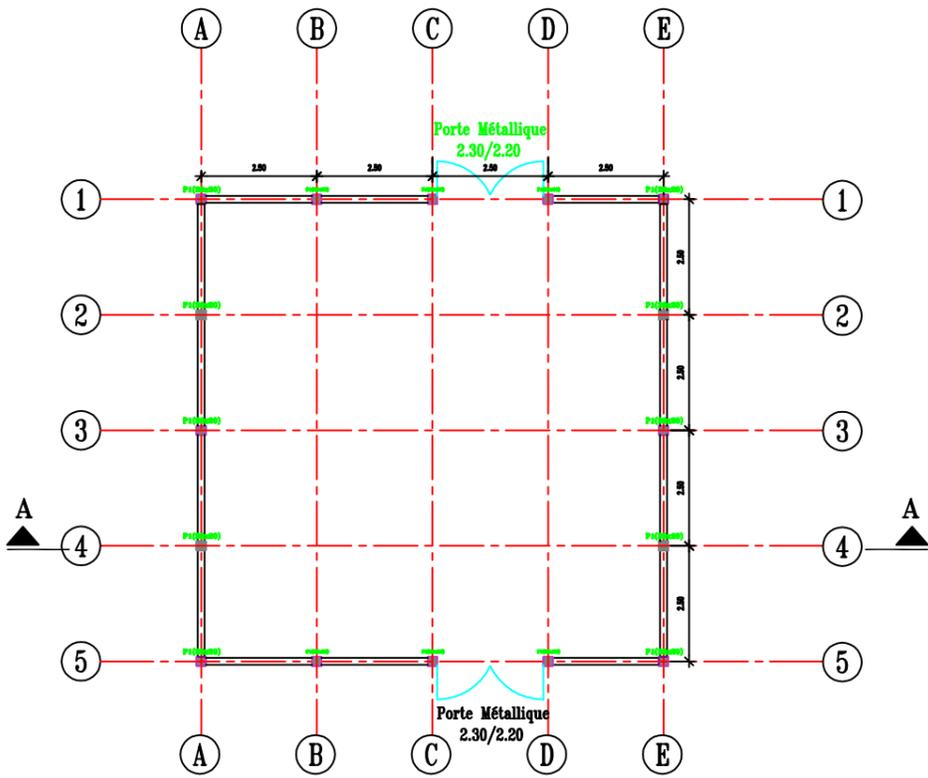


 <p>République du Mali ***** Un peuple - Un but - Une fois</p>	
 <p>Agence luxembourgeoise pour la Coopération au Développement</p>	
<p>MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR 2IE AVEC GRADE DE MASTER Spécialité : Génie Civil Hydraulique Option : Infrastructures et Réseaux Hydrauliques</p>	
<p>EXTENSION DU PERIMETRE IRRIGUE DE TIEKELESSO (519 ha) DANS LA PALINE DE SAN-OUEST, REPUBLIQUE DU MALI</p>	
<p>Station de pompage</p>	
<p>Vue en plan et Coupe</p>	
<p>Réalisé par Massourou COULIBALY</p>	
 <p>Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement</p>	 <p>Bureau d'Etudes Techniques et d'Ingénieurs Conseils</p>
Date: Janvier 2019	Numéro de plan
Echelle: 1:100	5.1
Promotion: 2017-2018	

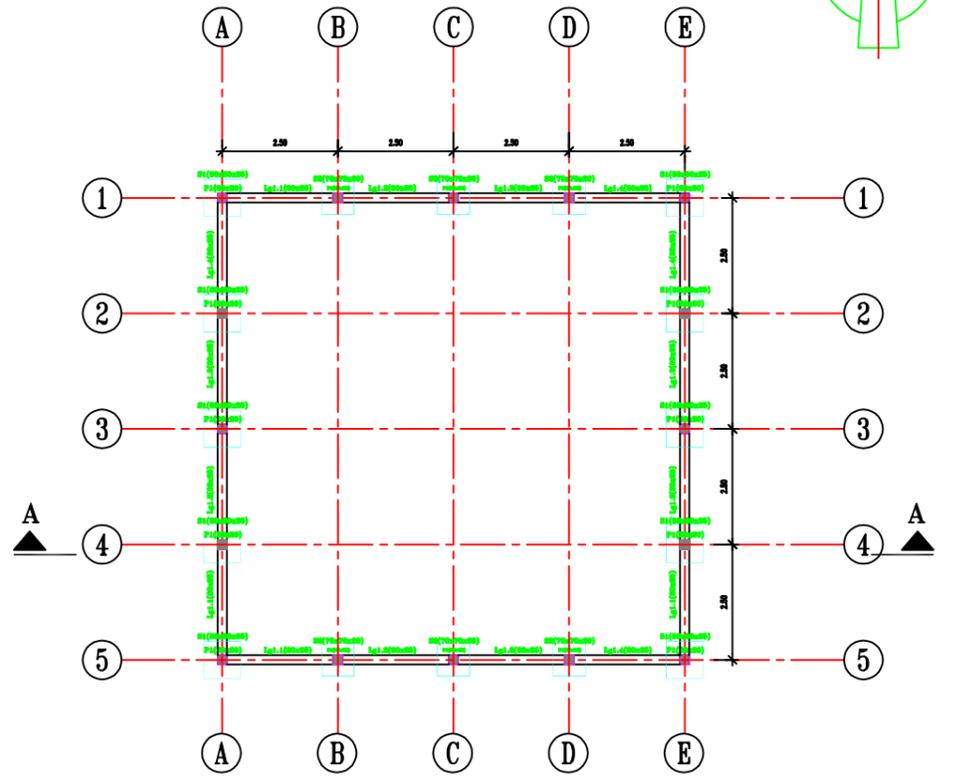
MAGASIN TYPE DE 100 m2



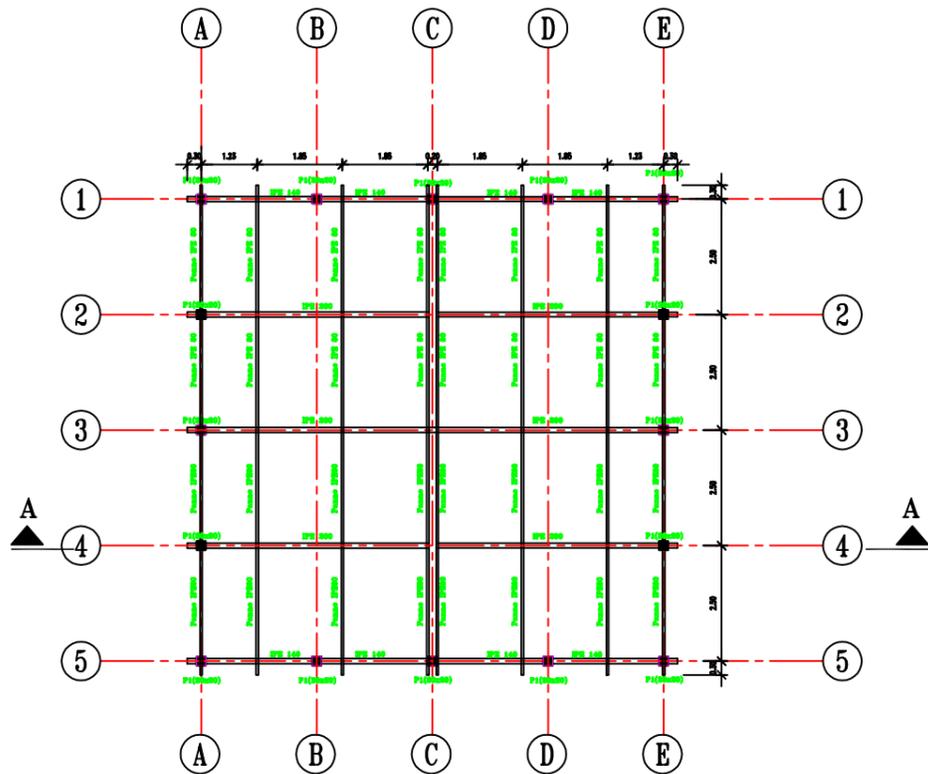
VUE EN PLAN



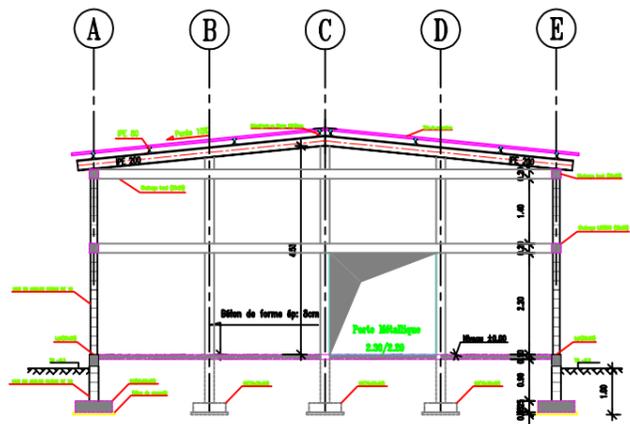
PLAN DES FONDATIONS



VUE EN PLAN : TOITURE



COUPE A-A




République du Mali
 Un peuple - Un but - Une fois

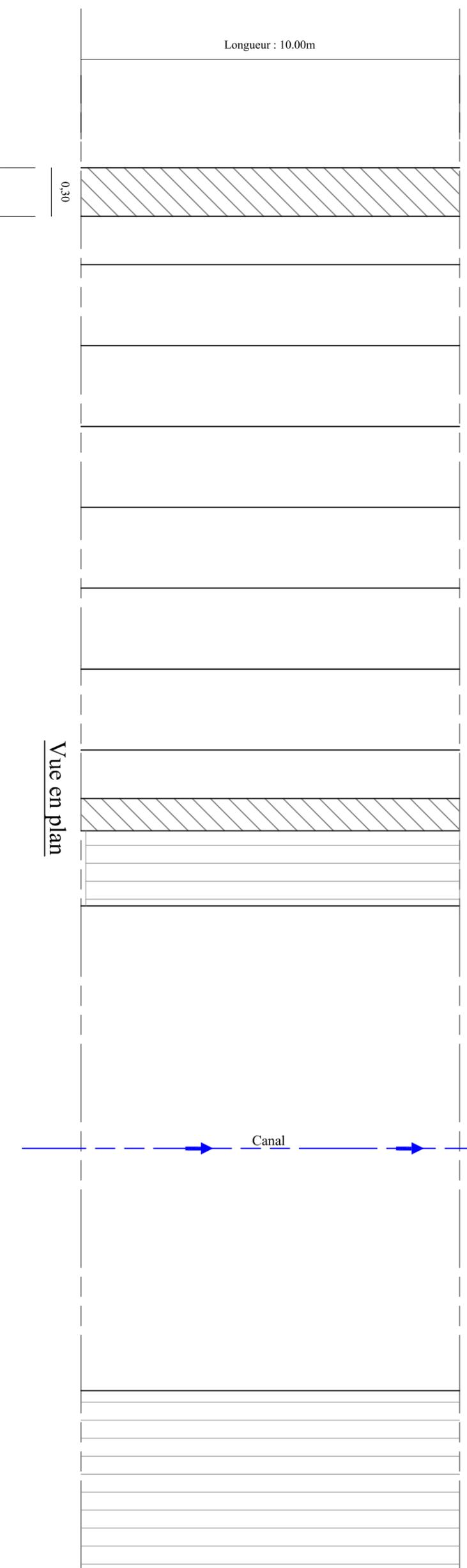
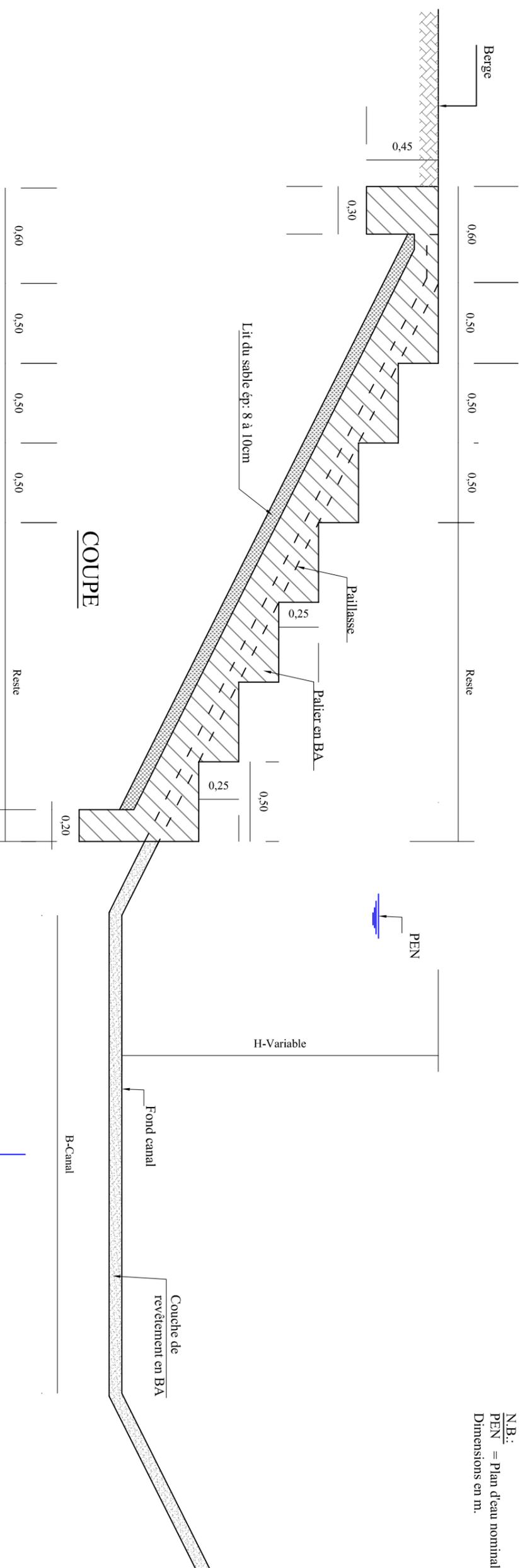

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR 2IE AVEC
 GRADE DE MASTER
 Spécialité : Génie Civil Hydraulique
 Option : Infrastructures et Réseaux Hydrauliques
 EXTENSION DU PERIMETRE IRRIGUE DE TEKELLESSO (519 ha) DANS
 LA PLAINE DE SAN-OUEST, REPUBLIQUE DU MALI

Ouvrages Divers
 Magasin de Stockage

Réalisé par Massourou COULIBALY
 Institut International
 d'Ingénierie de l'Eau
 et de l'Environnement


Plan N°	6.1
Promotion	2017-2018
Echelle	1:100
Date	Janvier 2019

N.B.:
PEN = Plan d'eau nominal
Dimensions en m.



République du Mali
Un peuple - Un but - Une fois
LUX - DEVELOPMENT
Agence luxembourgeoise pour la Coopération au Développement

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME
D'INGENIEUR 2IE AVEC GRADE DE MASTER
Spécialité : Génie Civil Hydraulique
Option : Infrastructures et Réseaux Hydrauliques
EXTENSION DU PERIMETRE IRRIGUE DE TIEKELESSO (519 ha)
DANS LA PLAINES DE SAN-OUEST, REPUBLIQUE DU MALI

Ouvrages Divers
Lavoir

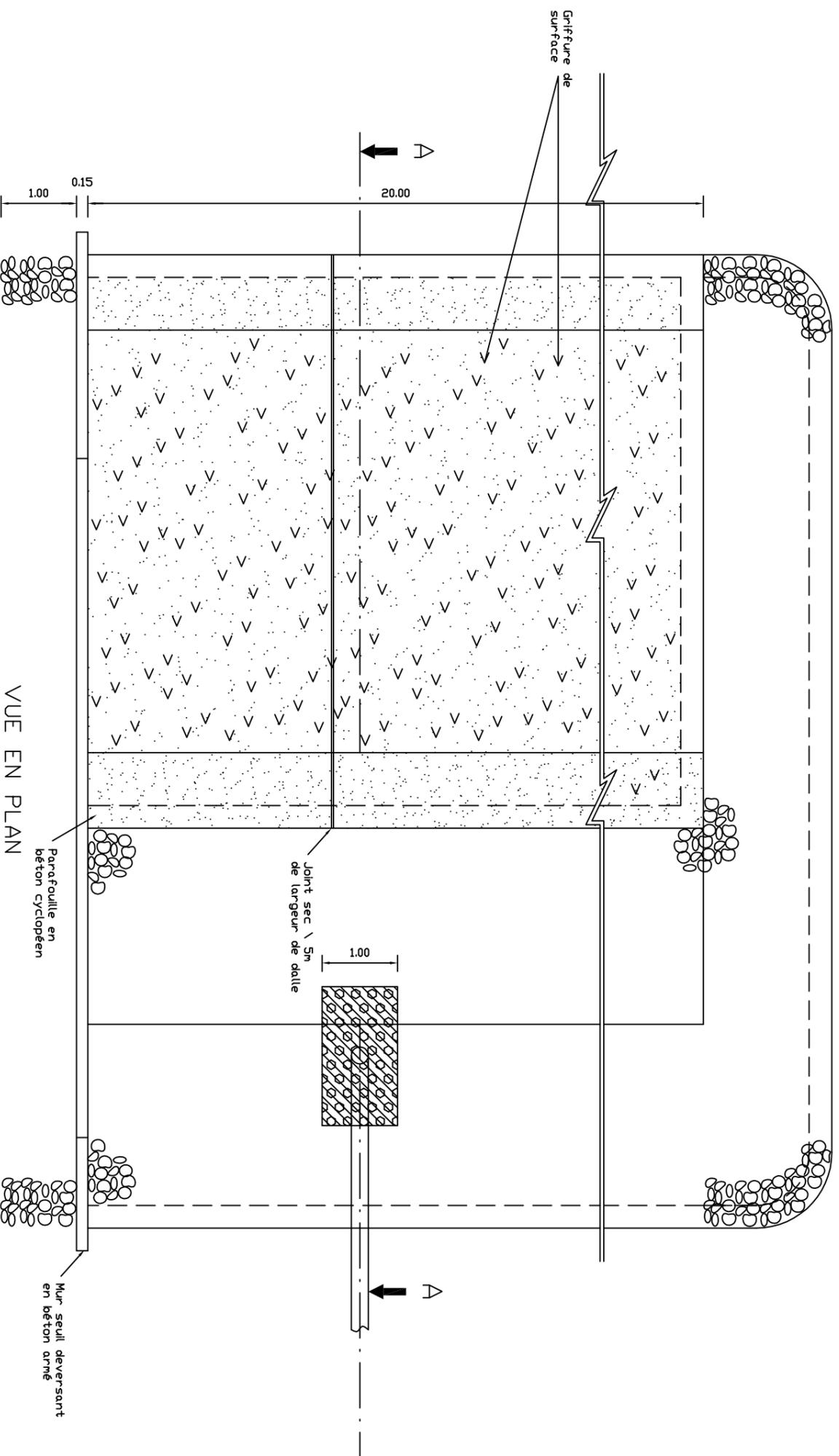
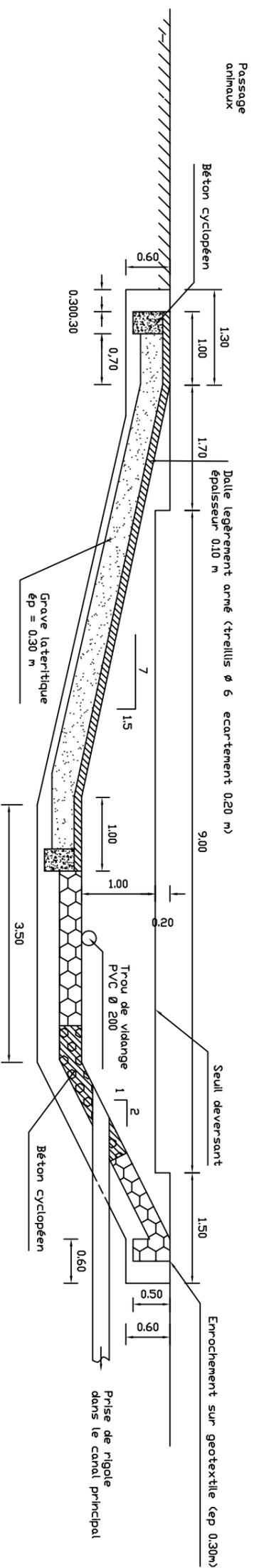
Réalisé par **Massourou COULIBALY**

ZIE Institut International
d'Ingénierie de l'Eau
et de l'Environnement

BETICO
Ingénieurs Conseils
Bureau d'Etudes Techniques et d'Ingénieurs Conseils

Plan N°	6.2
Promotion	2017-2018
Echelle	1:20
Date	Janvier 2019

COUPE AA



VUE EN PLAN



République du Mali

Un peuple - Un but - Une fois



LUX-DEVELOPMENT
Agence luxembourgeoise pour la Coopération au Développement

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

Spécialité : Génie Civil Hydraulique

Option : Infrastructures et Réseaux Hydrauliques

EXTENSION DU PERIMETRE IRRIGUE DE TIEKELESSO
(519 ha) DANS LA PLAINE DE SAN-OUEST, REPUBLIQUE
DU MALI

Ouvrages Divers

Abreuvoir

Réalisé par Massourou COULIBALY



Bureau d'Etudes Techniques et d'Ingénieurs Conseils

Date: Janvier 2019

Numéro de plan

Echelle: 1: 100

Promotion 2017-2018

6.3